

PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR URIN KELINCI DAN PENGURANGAN DOSIS PUPUK NPK MAJEMUK TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KUBIS BUNGA

Effect of organic fertilizer rabbit urine and reduction of inorganic fertilizer dosage on the growth and yield of cauliflower

Etik Wukir Tini¹, Wilda Sofie Nur'afifah¹, Woro Sri Suharti¹, Nindy Sevirasari^{1*}

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno No. 61 Purwokerto, Jawa Tengah 53123

*Email korespondensi: nindy.sevirasari@unsoed.ac.id

ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of rabbit manure liquid organic fertilizer and reduced NPK fertilizer doses on cauliflower growth and yield. The research was conducted in Banyumas Regency, Central Java, from September 2022–January 2023. A Randomized Complete Block Design was employed with 2 factors. The first factor is rabbit manure liquid organic fertilizer with four levels; 0, 20, 40, 60 ml.L⁻¹, and the second factor is reducing the dose of NPK fertilizer with three levels; 0, 25, 50%. Data were analyzed using Analysis of Variance and Duncan's Multiple Range Test at $\alpha = 5\%$. The results showed that 20 ml.L⁻¹ rabbit urine fertilizer increased the number of leaves and leaf area of cauliflower at 2 Weeks After Planting (WAP). Reducing the NPK dose by 25% increased the number of leaves of cauliflower at 6 WAP. There was an interaction between of rabbit urine fertilizer and reduced doses of NPK fertilizer; 20 ml.L⁻¹ rabbit urine fertilizer + 50% NPK dose reduction increased the number of leaves, leaf area at 4 and 6 WAP, and shoot fresh weight of cauliflower at 9 WAP, 40 ml.L⁻¹ rabbit urine fertilizer + 25% NPK dose reduction increased root volume and root dry weight of cauliflower at 9 WAP, 60 ml.L⁻¹ rabbit urine fertilizer + 25% NPK dose reduction increased economical flower weight at 9 WAP. This research showed that increasing the economical flower weight of cauliflowers by 13.8% can be done by applying 60 ml/L rabbit urine fertilizer and 25% dose of NPK fertilizer.

Keywords: shoot fresh weight, economical flower weight, NPK, organic fertilizer

PENDAHULUAN

Kubis bunga (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) atau dikenal dengan kembang kol merupakan tanaman semusim yang termasuk dalam famili Brassicaceae. Kubis bunga memiliki nilai ekonomi tinggi karena mengandung senyawa antioksidan yang tinggi, yaitu senyawa fenolik, vitamin, karotenoid, tiosianat dan glukosinolat dalam massa bunganya yang menguntungkan bagi kesehatan (Picchi et al., 2020). Kembang kol memiliki permintaan domestik yang tinggi dan harga jual yang cukup tinggi dibandingkan komoditas sayuran lainnya, yaitu rata-rata Rp 20.000,00 per kg per musim (Muttaqin, 2023). Menurut data Badan Pusat Statistika tahun 2021 hingga 2023, produksi kubis bunga di Indonesia mengalami penurunan yaitu dari 203.385 ton pada tahun 2021, 192.121 ton pada 2022, dan 175.073 ton di tahun 2023 (BPS, 2024). Penyebab penurunan produksi kubis bunga adalah kurangnya efisiensi pemanfaatan dan penyerapan unsur hara sesuai kebutuhan tanaman (Hafizah & Anita, 2018), dan di samping itu, penggunaan pupuk NPK anorganik secara terus menerus berdampak pada penurunan kandungan bahan organik tanah yang menyebabkan

penurunan kualitas tanah, sehingga menghambat pertumbuhan dan hasil tanaman (Pahalvi et al., 2021). Oleh sebab itu, perlu upaya peningkatan produksi tanaman kubis bunga yang berkualitas melalui pengurangan dosis pupuk anorganik dan penambahan pupuk organik sebagai penyedia unsur hara yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan mendukung pertanian berkelanjutan (Ye et al., 2020).

Kegiatan budidaya pertanian di Indonesia umumnya masih mengandalkan pupuk anorganik sebagai pupuk utama, namun penggunaan pupuk anorganik berlebih akan menimbulkan dampak negatif bagi tanah dan ekosistem (Ye et al., 2020). Dampak penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus yaitu dapat mengubah pH tanah menjadi lebih asam, meningkatkan populasi hama, penurunan kandungan humus, mikroorganisme bermanfaat, dan bahkan berpengaruh terhadap emisi gas rumah kaca (Pahalvi et al., 2021). Penggunaan pupuk organik dan anorganik secara bersamaan dapat meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan, dimana dalam jangka panjang substitusi pupuk organik dapat meningkatkan nutrisi tanah dan mengurangi pengasaman tanah, serta berkontribusi langsung terhadap peningkatan hasil tanaman (Liu et al., 2021). Salah satu pupuk organik yang dapat meningkatkan hasil tanaman dan mudah diterapkan oleh petani adalah pupuk organik cair (POC).

Pupuk organik cair dapat meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sekaligus meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, mampu meningkatkan kualitas produk tanaman, meningkatkan aktivitas mikroba tanah, serta sebagai alternatif pupuk kandang dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik (Baihaki et al., 2020), (Uddin et al., 2024). Menurut (Mahmood et al., 2019), pupuk organik cair signifikan meningkatkan bobot segar tanaman, kandungan klorofil dan serapan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium pada daun kubis bunga. Urin kelinci merupakan salah satu limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair bagi tanaman kubis bunga. Kandungan Nitrogen, Fosfat, Kalium, dan air pada urin kelinci lebih tinggi daripada kandungan yang terdapat pada kotoran sapi padat (Kristanto & Arifin Aziz, 2019). Pemberian POC urin kelinci 10 ml/L pada kubis bunga tidak berpengaruh terhadap peningkatan bobot bunga dan diameter bunga (Gomies et al., 2012). Penggunaan pupuk organik cair urin kelinci 60 ml/L dapat meningkatkan diameter kubis bunga dan massa bunga (Augustien, 2024). Pada tanaman bawang merah, pemberian POC urin kelinci 200 ml/L mampu meningkatkan variabel pertumbuhan, diameter dan bobot umbi (Arfarita et al., 2020). Urin kelinci bersifat basa (pH 8,5), sehingga dapat diintegrasikan dengan penggunaan pupuk kimia untuk meningkatkan hasil panen dan kesuburan tanah dengan mengurangi keasaman tanah (Mutai, 2020).

Pemupukan berimbang sangat penting untuk meningkatkan hasil dari tanaman kubis bunga. Kualitas dan kuantitas produksi tanaman kubis bunga dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk berimbang yang memperhatikan aspek lingkungan agar dapat berkelanjutan (Ardian et al., 2023). Pemberian pupuk organik dan pengurangan pupuk anorganik 40% signifikan meningkatkan bahan organik tanah (Ning et al., 2017). Pengurangan pupuk anorganik 30% meningkatkan hasil selada (Jin et al., 2022). Pengurangan pupuk anorganik 30% dengan penambahan pupuk organik meningkatkan hasil kubis bunga dengan meningkatkan kesuburan tanah, aktivitas enzim tanah, komposisi mikroba tanah, dan menstimulasi mikroorganisme bermanfaat (Xiao et al., 2022). Penelitian terkait pemberian konsentrasi pupuk organik cair berbahan urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk anorganik (NPK) pada tanaman kubis bunga perlu diteliti, sehingga pada penelitian ini

dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa konsentrasi pupuk organik cair urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk anorganik (NPK) yang optimal untuk pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah urin kelinci, benih kubis bunga varietas PM 126 F1, mulsa plastik hitam perak, pupuk NPK majemuk, EM4, molase, laos/lengkuas, temu ireng, jahe, kencur, kunyit, daun nimba, air, dan papan nama. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, meteran/penggaris, pH meter, *handsprayer*, alat tulis, dan alat praktik budidaya.

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Banjarsari Wetan, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas dengan ketinggian tempat 255 m dpl, koordinat -7.361563, 109.250821, Laboratorium Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, dan Laboratorium Wahana Pawiyatan Luhur Semarang, pada September 2022–Januari 2023.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Percobaan Acak Kelompok (RAKL) yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu Dosis Pupuk Organik Cair (POC); 0, 20, 40, dan 60 ml/L. Faktor kedua yaitu Pengurangan Dosis Pupuk NPK Majemuk dari dosis 500 kg/ha (Arpanto & Soenyoto, 2018); P0 = Pengurangan 0% (500 kg/ha), P1 = Pengurangan 25% (375 kg/ha), P2 = pengurangan 50% (250 kg/ha). Dari kedua faktor tersebut didapatkan 12 kombinasi perlakuan, dengan 3 kali ulangan, sehingga terdapat 36 unit percobaan. Setiap unit terdiri dari 15 tanaman, sehingga terdapat 540 tanaman. Satu unit percobaan berukuran 2,8 m x 1,2 m x 0,2 m (p x l x t) dengan jarak tanam 60 cm x 40 cm. Pada bedengan tersebut ditutupi permukaan atasnya menggunakan mulsa plastik hitam perak.

Pembuatan POC urin kelinci dilakukan dengan cara mencampurkan rimpang (laos/lengkuas, temu ireng, jahe, kencur, dan kunyit masing-masing sebanyak 500 g) dan 500 g daun nimba yang telah diblender dengan urin kelinci 100 L, EM4 1 L, dan molase 1 L ke dalam drum, lalu aduk hingga homogen dan ditutup. Simpan POC di tempat yang terlindungi dari sinar matahari langsung dan air hujan. POC yang matang ditandai dengan tidak ada bau dengan pH 6–7,5. Sebanyak 20 ton/ha pupuk kandang sapi dan 1,5 ton/ha Dolomit diberikan saat pengolahan tanah. Penanaman dilakukan setelah bibit kubis bunga berumur 15–30 Hari Setelah Semai (HSS) dengan 3–6 helai daun. Pupuk NPK Majemuk diaplikasikan dengan cara *spot placement* sebanyak 4 kali yaitu 10% dari dosis perlakuan (9 Hari Setelah Tanam/HST), 20% dari dosis perlakuan (19 HST), 30% dari dosis perlakuan (27 HST), dan 40% dari dosis perlakuan (35 HST). POC urin kelinci diaplikasikan dengan cara disiramkan di sekitar perakaran tanaman sesuai dengan perlakuan yaitu konsentrasi 0, 20, 40, dan 60 mL/L. Pada setiap konsentrasi perlakuan, POC dilarutkan dengan air hingga volume 1 L dan diaplikasikan pada tanaman kubis bunga sebanyak 100 mL/tanaman di minggu ke-1 dan ke-2, 150 mL/tanaman pada minggu ke-3 dan ke-4, 200 mL/tanaman pada minggu ke-5 dan ke-6, serta 250 mL/tanaman pada minggu ke-7 dan ke-8. Panen kubis bunga dilakukan pada 60 HST.

Tabel 1. Kandungan pupuk organik cair urin kelinci

No.	Parameter Uji	Hasil Uji	Standar Mutu Pupuk Organik Cair
1	pH	6,45	4–9
2	Nitrogen Total (%)	2,17	Min. 0.5
3	Karbon Organik (%)	2,03	Min. 10
4	Bahan Organik (%)	2,54	2–6
5	P ₂ O ₅ tersedia (%)	1,08	2–6
6	K ₂ O tersedia (%)	0,83	2–6

Keterangan: Analisis dilakukan di Laboratorium Wahana Pawiyatan Luhur Semarang, 2022. Standar mutu Pupuk Organik Cair berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah 2019.

Pengujian kandungan POC nabati berbasis urin kelinci dilakukan dengan mengukur nilai pH, Nitrogen total (%), Karbon organik (%), bahan organik (%), P₂O₅ tersedia (%), dan K₂O tersedia (%). Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah variabel pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga, di antaranya yaitu jumlah daun (helai) yang dihitung pada daun yang telah membuka sempurna (14, 28, 52 HST), luas daun (cm²) diukur menggunakan metode Montgomery (1911), yaitu contoh daun pada 3 daun bagian atas, tengah, bawah yang telah membuka sempurna dengan menggunakan metode panjang (p) kali lebar (l) kali konstanta (k), dimana nilai k kubis bunga adalah 0,76 (14, 28, 52 HST), bobot segar tajuk (g) diukur dengan menimbang seluruh bagian tanaman yang ada di atas permukaan tanah menggunakan timbangan digital (52 HST), volume akar (ml) diukur dengan cara menghitung penambahan volume air dalam gelas ukur (52 HST), bobot kering akar (g) diukur dengan cara mengeringkan akar menggunakan oven (suhu 80°C, 48 jam) hingga tingkat kekeringan yang stabil, lalu ditimbang menggunakan timbangan digital (52 HST), dan bobot bunga ekonomis (g) diukur dengan menimbang organ bunga tanaman kubis bunga yang telah dipanen menggunakan timbangan digital (60 HST).

Analisis Data

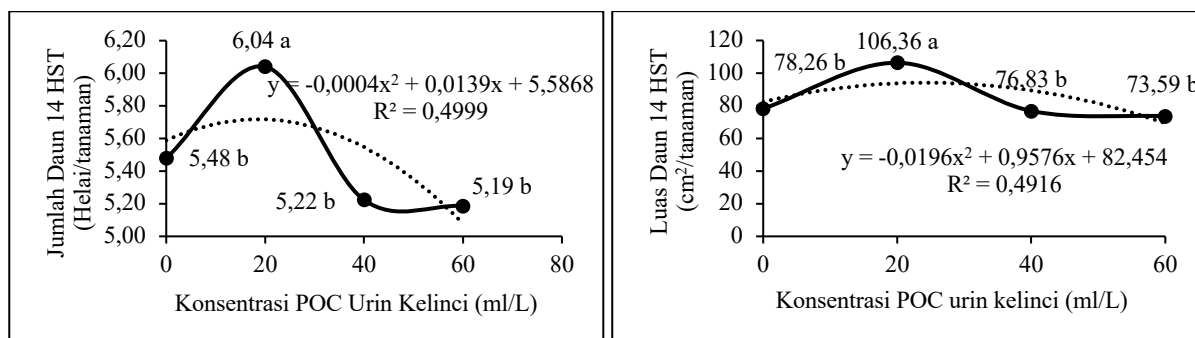
Data hasil pengamatan pertumbuhan dan hasil tanaman kunis bunga selanjutnya dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA) pada taraf α 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan dilanjutkan dengan uji lanjut *post hoc*; Duncans’s Multiple Range Test (DMRT) pada taraf α 5% jika terdapat perbedaan nyata antar faktor perlakuan. Analisis dilakukan menggunakan program Add-In Microsoft Excel: DSAASTAT versi 1.514.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Daun dan Luas Daun Tanaman Kubis Bunga

Daun merupakan organ utama yang dimiliki tanaman untuk menghasilkan biomassa melalui proses fotosintesis (Nasution et al., 2021). Jumlah daun dan luas daun merupakan karakter fenotipe utama yang menggambarkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Shi et al., 2019), (Farjon et al., 2021). Pupuk organik cair (POC) merupakan salah satu pupuk organik dalam bentuk larutan yang mengandung satu atau lebih unsur hara yang dibutuhkan tanaman (Ginandjar et al., 2019). Gambar 1 menunjukkan bahwa POC urin kelinci berpengaruh secara kuadrat terhadap jumlah daun dan luas daun kubis bunga 14 HST. Konsentrasi POC urin kelinci 20 ml/L menghasilkan

jumlah daun dan luas daun paling optimal, yaitu berturut-turut 6,04 helai dan 106,36 cm² dibandingkan konsentrasi POC urin kelinci yang lain. N total yang terkandung dalam POC dimanfaatkan oleh tanaman untuk membentuk organ daun. Pemberian pupuk organik cair meningkatkan kandungan Nitrogen organik dalam tanah, yang secara fisiologis dapat memacu pertumbuhan vegetatif tanaman dan perkembangan organ tanaman sehingga lebih cepat mengalami peningkatan jumlah daun dan ukuran luas daun (Sugiharti et al., 2022).



Gambar 1. Pengaruh POC urin kelinci terhadap jumlah daun dan luas daun kubis bunga 14 HST.

Tabel 2. Pengaruh POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap jumlah daun kubis bunga 28 dan 52 HST

Variabel	Perlakuan	Pengurangan Dosis Pupuk NPK			
		Konsentrasi POC Urin Kelinci	0%	25%	50%
Jumlah Daun 28 HST (Helai/ tanaman)	0 ml/L		14.01 Aa	10.11 Bc	11.11 Bb
	20 ml/L		12.00 Ba	12.11 Aa	12.11 Aa
	40 ml/L		12.00 Bab	12.67 Aa	11.55 ABb
	60 ml/L		11.67 Bb	12.66 Aa	11.78 ABb
	Koefisien Keragaman (%)			6.80	
Jumlah Daun 52 HST (Helai/ tanaman)	0 ml/L		18.10 Aa	16.89 Cb	17.22 Bb
	20 ml/L		18.11 Ab	19.10 Aa	19.33 Aa
	40 ml/L		18.11 Aa	18.11 Ba	16.22 Cb
	60 ml/L		17.11 Bb	18.67 Aa	16.56 Cc
	Koefisien Keragaman (%)			2.62	
Interaksi			(+)		

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan terdapat interaksi antar faktor perlakuan. Angka rerata yang diikuti notasi huruf kapital (A, B) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan konsentrasi POC urin kelinci pada kolom yang sama dan angka rerata yang diikuti notasi huruf kecil (a, b) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan pengurangan dosis pupuk NPK pada baris yang sama berdasarkan uji DMRT α 5%.

Tabel 2 merupakan tabel interaksi perlakuan Pupuk Organik Cair (POC) urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap jumlah daun kubis bunga umur 28 dan 52 HST. Pemberian POC urin kelinci dengan konsentrasi 20 ml/L dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk sebanyak 25–50% mampu meningkatkan jumlah daun kubis bunga umur tanaman 28 dan 52 HST. Interaksi terbaik antara pemberian POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK yaitu pada konsentrasi 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK 50% (250 kg/ha), dimana hasil tersebut sama baiknya dengan tidak dilakukan pemberian POC urin kelinci dan tidak ada pengurangan dosis pupuk NPK 0% (500 kg/ha) terhadap luas daun kubis bunga. Pengurangan dosis NPK hingga 50% membantu mengurangi biaya kebutuhan pemupukan oleh petani. Selain mengurangi biaya pembelian pupuk anorganik, pengurangan dosis pupuk merupakan upaya untuk

meningkatkan efisiensi pemupukan dalam jangka panjang dan keberlanjutan agroekosistem (Geng et al., 2019). Menurut penelitian (Jin et al., 2022), pengurangan dosis pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik meningkatkan pH dan bahan organik tanah yang penting bagi kesuburan tanah dan peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil penelitian (Imthiyas & Seran, 2015) menyebutkan bahwa pengurangan pupuk anorganik disertai dengan pemberian bahan organik meningkatkan jumlah daun selada. Pada penelitian ini, peningkatan jumlah daun diduga karena bahan organik dan unsur hara N yang terkandung dalam POC dimanfaatkan tanaman kubis bunga untuk menghasilkan asimilat yang digunakan dalam pembentukan organ vegetatif yaitu daun. Menurut penelitian (Okonji et al., 2023), POC urin kelinci signifikan terhadap peningkatan jumlah daun mentimun.

Tabel 3. Pengaruh POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap luas daun kubis bunga 28 dan 52 HST

Variabel	Perlakuan	Pengurangan Dosis Pupuk NPK		
		Konsentrasi POC Urin Kelinci	0%	25%
Luas Daun 28 HST (cm ² /tanaman)	0 ml/L	1032.73 Aa	670.98 Bb	801.11 Bb
	20 ml/L	926.91 ABa	1042.17 Aa	1023.93 Aa
	40 ml/L	839.78 Bb	1050.86 Aa	668.54 Bc
	60 ml/L	1012.33 Aa	1010.33 Aa	711.87 Bb
	Koefisien Keragaman (%)		18.00	
Luas Daun 52 HST (cm ² /tanaman)	0 ml/L	3269.56 ABa	2764.35 Bb	3355.09 Ba
	20 ml/L	3622.62 Ab	4051.46 Aa	4004.67 Aab
	40 ml/L	3662.12 Aa	3756.78 Aa	2628.13 Cb
	60 ml/L	2999.68 Bb	3773.82 Aa	2572.04 Cc
	Koefisien Keragaman (%)		12.86	
Interaksi		(+)		

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan terdapat interaksi antar faktor perlakuan. Angka rerata yang diikuti notasi huruf kapital (A, B) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan konsentrasi POC urin kelinci pada kolom yang sama dan angka rerata yang diikuti notasi huruf kecil (a, b) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan pengurangan dosis pupuk NPK pada baris yang sama berdasarkan uji DMRT α 5%.

Tabel 3 merupakan tabel interaksi perlakuan Pupuk Organik Cair (POC) urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap luas daun kubis bunga umur 28 dan 52 HST. Pemberian POC urin kelinci dengan konsentrasi 20 ml/L dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk sebanyak 25–50% mampu meningkatkan luas daun kubis bunga umur tanaman 28 dan 52 HST. Interaksi terbaik antara pemberian POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK yaitu pada konsentrasi 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK 50% (250 kg/ha), dimana hasil tersebut sama baiknya dengan tidak dilakukan pemberian POC urin kelinci dan tidak ada pengurangan dosis pupuk NPK 0% (500 kg/ha) terhadap luas daun kubis bunga. Hasil ini berhubungan dengan hasil dari variabel jumlah daun kubis bunga, semakin banyak jumlah daun yang dihasilkan pada perlakuan 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK 50%, maka semakin besar luas daun kubis bunga yang dihasilkan. Pemberian pupuk organik dengan pengurangan dosis pupuk kimia meningkatkan luas daun tanaman jagung (Ma et al., 2021). Tingginya hasil luas daun tanaman dipengaruhi oleh pemberian POC urin kelinci saat pengurangan dosis pupuk NPK, yaitu pupuk organik dapat membantu menyediakan jumlah nutrisi yang

dibutuhkan untuk pertumbuhan daun yang subur (Imthiyas & Seran, 2015). POC urin kelinci dengan konsentrasi 40ml/L membantu dalam menghasilkan pertumbuhan tanaman bayam yang optimal (Wijayanto et al., 2023). Pemberian POC urin kelinci juga meningkatkan ukuran panjang dan lebar daun mentimun (Okonji et al., 2023), sehingga meski dosis pupuk NPK Majemuk dikurangi, tanaman kubis bunga tetap dapat optimal menghasilkan luas daun yang besar.

Volume Akar dan Bobot Kering Akar Tanaman Kubis Bunga

Berikut merupakan hasil analisis terhadap variabel pertumbuhan akar tanaman kubis bunga yang diamati melalui volume akar dan bobot kering akar pada perlakuan pemberian POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk. Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil interaksi perlakuan 40 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk sebanyak 50% (250 kg/ha) menghasilkan volume akar dan bobot kering akar tanaman kubis bunga paling optimal. Dibandingkan dengan tanpa pemberian POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk (500 kg/ha), dengan perlakuan 40 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk sebanyak 50% (250 kg/ha) mampu menghasilkan bobot kering akar tanaman kubis bunga yang lebih besar. Menurut (Hess & De Kroon, 2007), besarnya bobot akar dipengaruhi oleh volume akar tanaman. Volume akar merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman yang mencerminkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara serta metabolisme yang terjadi pada tanaman, sehingga menghasilkan pertumbuhan dan hasil yang optimal. Volume akar yang tinggi menunjukkan kemampuan untuk menembus volume tanah yang lebih besar atau kemampuan untuk menghasilkan akar yang lebih tebal (Nour & Weibel, 1978). Dari hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin besar volume akar, semakin besar juga bobot kering akar yang dihasilkan.

Pada tanaman semangka, pengurangan dosis pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik memacu pemanfaatan fosfor organik oleh sistem perakaran melalui peningkatan aktivitas asam fosfatase yang berasosiasi dengan akar dan meningkatkan kualitas tanaman (Wang et al., 2022). Pengurangan dosis pupuk anorganik pada kubis bunga yang disertai pemberian pupuk organik meningkatkan bobot kering akar (Pawar et al., 2018). Pemberian POC memacu pertumbuhan akar tanaman yang ditandai dengan besarnya volume akar dan bobot kering akar (Ji et al., 2017). Kandungan unsur hara Nitrogen total pada POC urin kelinci diduga menjadi faktor yang mempengaruhi peningkatan volume dan bobot kering akar kubis bunga. Menurut (Kapoor & San Dal, 2017), unsur hara N yang diserap oleh tanaman berpengaruh terhadap pembelahan, pemanjangan, dan pembesaran akar tanaman. Menurut (Aprilina et al., 2023), POC urin kelinci dapat meningkatkan volume akar tanaman pakcoy karena mengandung unsur hara makro yang tinggi. Peningkatan kandungan hara tersedia di tanah rizosfer setelah pemberian POC meningkatkan keragaman komunitas mikroba, siklus hara dalam tanah, dan meningkatkan hara tanah tersedia yang berguna untuk pertumbuhan tanaman (Ji et al., 2017).

Tabel 4. Pengaruh POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap volume akar dan bobot kering akar kubis bunga 52 HST

Variabel	Perlakuan	Pengurangan Dosis Pupuk NPK		
		Konsentrasi POC Urin Kelinci	0%	25%
Volume Akar 52 HST (ml/tanaman)	0 ml/L	10.56 Ab	12.78 Aa	12.78 Ba
	20 ml/L	10.00 Ab	12.22 ABa	10.00 Cb
	40 ml/L	11.67 Ab	10.00 Cb	16.11 Aa
	60 ml/L	11.67 Aab	10.56 BCb	12.78 Ba
Koefisien Keragaman (%)			16.35	
Bobot Kering Akar 52 HST (g/tanaman)	0 ml/L	3.21 Bb	5.31 Aa	2.79 Bb
	20 ml/L	3.27 Ba	3.64 Ba	3.32 Ba
	40 ml/L	2.84 Bb	2.76 Bb	5.26 Aa
	60 ml/L	4.73 Aa	2.94 Bb	3.70 Bb
Koefisien Keragaman (%)			30.89	
Interaksi			(+)	

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan terdapat interaksi antar faktor perlakuan. Angka rerata yang diikuti notasi huruf kapital (A, B) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan konsentrasi POC urin kelinci pada kolom yang sama dan angka rerata yang diikuti notasi huruf kecil (a, b) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan pengurangan dosis pupuk NPK pada baris yang sama berdasarkan uji DMRT α 5%.

Bobot Segar Tajuk dan Bobot Bunga Ekonomis Tanaman Kubis Bunga

Bobot segar adalah indeks yang berhubungan dengan hasil proses pertumbuhan tanaman (Lee & Son, 2019). Berat segar berhubungan langsung dengan produktivitas sayuran daun (Moon et al., 2022). Seperti pada jumlah daun dan luas daun, bobot segar tajuk diukur secara destruktif. Bobot segar tajuk merupakan indikator vegetatif yang digunakan untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman khususnya pada tanaman sayuran daun (Soverda et al., 2024). Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil interaksi perlakuan 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk sebanyak 50% (250 kg/ha) menghasilkan bobot segar tajuk tanaman kubis bunga yang optimal. Begitu pula dengan perlakuan 60 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk sebanyak 25% (375 kg/ha) dapat menghasilkan bobot segar tajuk lebih optimal dibandingkan dengan tanpa pemberian POC urin kelinci dan tanpa pengurangan dosis NPK Majemuk (500 kg/ha). Tingginya hasil bobot segar tajuk pada perlakuan konsentrasi 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk 50% dipengaruhi oleh banyaknya jumlah daun dan besarnya luas daun pada perlakuan tersebut. Semakin banyak jumlah daun dan luas daun, maka bobot segar tajuk semakin besar (Ginandjar et al., 2019).

Pemberian pupuk organik mampu meningkatkan bobot segar tajuk lebih baik dibandingkan pupuk anorganik saja (Imthiyas & Seran, 2015). Menurut (Mutryarny et al., 2014), POC urin kelinci mampu meningkatkan jumlah daun, lebar daun, dan bobot segar tanaman sawi. Pengurangan dosis pupuk anorganik dengan disertai penambahan pupuk organik meningkatkan bobot segar tajuk (Han et al., 2021). Menurut Han (2021), juga menjelaskan bahwa penerapan pupuk organik dan pengurangan pupuk anorganik merupakan pendekatan yang layak secara ekonomi dan ramah lingkungan untuk mengembangkan pertanian berkelanjutan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pemberian POC urin kelinci 20 ml/L dan 60 ml/L dengan pengurangan dosis pupuk NPK 25–50% mampu menghasilkan bobot segar tajuk yang tinggi. Biomassa yang tinggi dari perlakuan pemberian POC urin kelinci dan pengurangan pupuk anorganik diduga dapat disebabkan

oleh pengaruh positif dari serapan N tanaman melalui peningkatan efisiensi penggunaan pupuk N di dalam tanah. Kandungan unsur hara yang tersedia dan tingkat C organik yang terkandung dalam POC turut mempengaruhi peningkatan jangka panjang terhadap hasil panen (Qaswar et al., 2020).

Tabel 5. Pengaruh POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk terhadap bobot segar tajuk 52 HST dan bobot bunga ekonomis tanaman kubis bunga 60 HST

Variabel	Perlakuan	Pengurangan Dosis Pupuk NPK		
		Konsentrasi POC Urin Kelinci	0%	25%
Bobot Segar Tajuk 52 HST (g/tanaman)	0 ml/L	276.11 Bb	267.78 Bb	309.45 Aa
	20 ml/L	278.89 Bb	270.00 Bb	299.44 ABa
	40 ml/L	303.33 Aa	285.55 ABab	279.44 Bb
	60 ml/L	285.00 ABa	296.67 Aa	246.67 Cb
	Koefisien Keragaman (%)		7.58	
Bobot Bunga Ekonomis 60 HST (g/tanaman)	0 ml/L	245.19 Ab	222.96 Bc	266.67 Aa
	20 ml/L	255.55 Aa	220.18 Bb	244.07 Ba
	40 ml/L	263.33 Aa	233.70 Bb	184.45 Dc
	60 ml/L	246.30 Ab	284.44 Aa	207.59 Cc
	Koefisien Keragaman (%)		7.23	
Interaksi		(+)		

Keterangan: Tanda (+) menunjukkan terdapat interaksi antar faktor perlakuan. Angka rerata yang diikuti notasi huruf kapital (A, B) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan konsentrasi POC urin kelinci pada kolom yang sama dan angka rerata yang diikuti notasi huruf kecil (a, b) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan pengurangan dosis pupuk NPK pada baris yang sama berdasarkan uji DMRT α 5%.

Bobot bunga ekonomis kubis bunga dapat dilihat pada Tabel 5. Pada interaksi perlakuan 60 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk sebanyak 25% (375 kg/ha) dapat menghasilkan bobot bunga ekonomis per tanaman paling tinggi dibandingkan dengan interaksi perlakuan POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk yang lainnya. Tingginya hasil bobot bunga ekonomis pada perlakuan konsentrasi 20 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis NPK Majemuk 50% dipengaruhi oleh banyaknya jumlah daun, besarnya luas daun, dan bobot segar tajuk dengan perlakuan tersebut. Bobot bunga ekonomis kubis bunga dengan perlakuan 60 ml/L POC urin kelinci dan pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk sebanyak 25% (375 kg/ha) meningkat sebesar 13,8% dibandingkan dengan tanpa pemberian POC urin kelinci dan tanpa pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk.

Pemberian POC urin kelinci konsentrasi 20 ml/L dengan mengurangi dosis pupuk NPK hingga 50% dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dilihat dari variabel jumlah daun dan luas daun tanaman kubis bunga. Tanaman yang kebutuhan unsur haranya terpenuhi, termasuk unsur hara N dan P, akan lebih optimal dalam melakukan fotosintesis dan menghasilkan asimilat untuk ditranslokasikan untuk pembentukan daun pada fase vegetatif dan pembentukan massa bunga saat fase generatif (Augustien, 2024). Pemberian POC urin kelinci dengan konsentrasi hingga 40 ml/L dengan mengurangi dosis pupuk NPK 50% meningkatkan volume dan bobot kering akar tanaman kubis bunga, artinya konsentrasi tersebut optimal dimanfaatkan tanaman dalam pembentukan organ akar yang berfungsi untuk menyerap air dan unsur hara dalam tanah yang selanjutnya dimanfaatkan oleh tanaman untuk perkembangan di fase pertumbuhan vegetatif. Dengan pengurangan dosis pupuk NPK 25%, untuk menghasilkan biomassa bunga ekonomis yang tinggi, diperlukan POC urin kelinci konsentrasi 60 ml/L. menurut (Afolabi et al., 2021), penggunaan pupuk organik dan

anorganik terbukti meningkatkan produksi selada. Pada penelitian (Han et al., 2021), pengurangan dosis pupuk anorganik disertai pemberian pupuk organik efektif meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman.

KESIMPULAN

Pemberian POC urin kelinci 20 ml/L meningkatkan jumlah daun dan luas daun kubis bunga 14 HST. Interaksi pemberian POC urin kelinci : pengurangan dosis pupuk NPK Majemuk; 20 ml/L : 50% dosis meningkatkan jumlah daun dan luas daun; 40 ml/L : 50% dosis meningkatkan volume akar dan bobot kering akar; 60 ml/L : 25% meningkatkan bobot segar tajuk dan bobot bunga ekonomis kubis bunga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Pengabdian Desa Binaan BLU Universitas Jenderal Soedirman atas pendanaan penelitian melalui dana hibah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afolabi, M. S., Salami, A. E., Olajide, O. O., & Babatunde, F. E. (2021). Comparative effects of organic and inorganic fertilizer treatment on growth, yield, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Pure and Applied Agriculture*, 6(2), 2617–8672.
- Aprilina, D., Kurnianto, A. S., Soeparjono, S., Meliala, S. B. P. S., Arum, A. P., Savitri, D. A., & Setiyono, S. (2023). Rabbit urine-based liquid organic fertilizer alters biological response and improves the yield of three pak choi varieties (*Brassica rapa* Sub. *Chinensis*). *Berkala Penelitian Hayati*, 29(2), 67–72. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.29.2.20234>
- Ardian, A., Setiawan, K., Kamal, M., Hadi, M. S., Yuliadi, E., Yelli, F., Sanjaya, P., & Setiawan, W. A. (2023). Penerapan pemupukan berimbang untuk peningkatan produksi kentang di Desa Tambak Jaya, Kecamatan Way Tenong Lampung Barat. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 2(1), 171–182. <https://doi.org/10.23960/jpfp.v2i1.7106>
- Arfarita, N., Afroni, M. J., Sugiarto, & Imai, T. (2020). Enhancing bare land soil quality using electric induction apparatus in combination with rabbit urine liquid fertilizer application to support garlic (*Allium sativum*) production. *Journal Of Degraded And Mining Lands Management*, 7(4), 2381–2389. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2020.074.2381> Research
- Arpanto, R., & Soenyoto, E. (2018). Pengaruh jenis mulsa dan dosis pupuk npk mutiara terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kubis bunga (*Brassica oleraceae* L.) Varietas PM 126 F1. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 3(1), 58–63. <https://core.ac.uk/download/pdf/229208939.pdf>
- Augustien, N. (2024). The Combination of dosages of npk fertilizer and concentration of rabbit liquid organic fertilizer on yield and quality of cauliflower plants (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.). *Sean Institute*, 12(01), 40–49. <https://doi.org/10.58471/infokum.v12i01>
- Baihaki, A., Sudiarti, D., & Bukhori Muslim, I. (2020). Perbandingan penggunaan Pupuk Organik Cair (POC) Gedebog Pisang (*Musa Paradisiaca* L) dengan Pupuk Organik Cair (POC)

- serabut Kelapa (*Cocos Nucifera* L) terhadap pertumbuhan tanaman jagung manis (*Zea Mays* L Saccharata). *Jurnal Bioshell*, 9(1), 27–32. <https://doi.org/10.36835/bio.v9i1.752>
- BPS. (2024). *Produksi Tanaman Sayuran, 2021-2023*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>
- Farjon, G., Itzhaky, Y., Khoroshevsky, F., & Bar-Hillel, A. (2021). Leaf counting: fusing network components for improved accuracy. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.575751>
- Geng, Y., Cao, G., Wang, L., & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PLoS ONE*, 14(7), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512>
- Ginandjar, S., Frasetya, B., Nugraha, W., & Subandi, M. (2019). The effect of liquid organic fertilizer of vegetable waste and planting media on growth and yield of strawberry (*Fragaria* spp.) earlibrite cultivar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 334(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/334/1/012033>
- Gomies, L., Rehatta, H., & Jean Nendissa, J. (2012). Pengaruh pupuk organik cair ri1 terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kubis bunga (*Brassica oleracea* var. botrytis L.). *Agrologia*, 1(1), 13–20. <https://doi.org/10.30598/a.v1i1.294>
- Hafizah, N., & Anita. (2018). Efektivitas berbagai konsentrasi pupuk cair urine sapi pada pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga (*Brassica Oleracea* var. Botrytis L.). *Ziraa'ah*, 43(1), 1–9.
- Han, J., Dong, Y., & Zhang, M. (2021). Chemical fertilizer reduction with organic fertilizer effectively improve soil fertility and microbial community from newly cultivated land in the Loess Plateau of China. *Applied Soil Ecology*, 165(26), 103966. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103966>
- Hess, L., & De Kroon, H. (2007). Effects of rooting volume and nutrient availability as an alternative explanation for root self/non-self discrimination. *Journal of Ecology*, 95(2), 241–251. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01204.x>
- Imthiyas, M. S. M., & Seran, T. H. (2015). Influence of Compost with reduced level of chemical fertilizers on the accumulation of dry matter in leaves of radish (*Raphanus sativus*L.). *Journal of Agricultural Science and Engineering*, 1(1), 1–4.
- Ji, R., Dong, G., Shi, W., & Min, J. (2017). Effects of liquid organic fertilizers on plant growth and rhizosphere soil characteristics of chrysanthemum. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su9050841>
- Jin, N., Jin, L., Wang, S., Li, J., Liu, F., Liu, Z., Luo, S., Wu, Y., Lyu, J., & Yu, J. (2022). Reduced chemical fertilizer combined with bio-organic fertilizer affects the soil microbial community and yield and quality of lettuce. *Frontiers in Microbiology*, 13(April), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.863325>
- Kapoor, R., & San Dal, S. K. (2017). Response of cauliflower root-shoot growth parameters, nutrient uptake and productivity to varying drip irrigation levels and fertigation in wet temperate zone of western himalayas. *Progressive Research-An International Journal Society*

for Scientific Development, 12(2), 244–249.

- Kristanto, D., & Arifin Aziz, S. (2019). Aplikasi pupuk organik cair urin kelinci meningkatkan pertumbuhan dan produksi caisim (*Brassica juncea* L.) organik di Yayasan Bina Sarana Bakti, Cisarua, Bogor, Jawa Barat. *Buletin Agrohorti*, 7(3), 281–286. <https://doi.org/10.29244/agrob.v7i3.30192>
- Lee, J. W., & Son, J. E. (2019). Nondestructive and continuous freshweight measurements of bell peppers grown in soilless culture systems. *Agronomy*, 9(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100652>
- Liu, J., Shu, A., Song, W., Shi, W., Li, M., Zhang, W., Li, Z., Liu, G., Yuan, F., Zhang, S., Liu, Z., & Gao, Z. (2021). Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. *Geoderma*, 404, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115287>
- Ma, J., Chen, Y., Wang, K., Huang, Y., & Wang, H. (2021). Re-utilization of Chinese medicinal herbal residues improved soil fertility and maintained maize yield under chemical fertilizer reduction. *Chemosphere*, 283, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131262>
- Mahmood, Y. A., Ahmed, F. W., Juma, S. S., & Al-Arazah, A. A. A. (2019). Effect of solid and liquid organic fertilizer and spray with humic acid and nutrient uptake of nitrogen, phosphorus and potassium on Growth, Yield of Cauliflower. *Plant Archives*, 19(2), 1504–1509.
- Montgomery, E.G. Correlation Studies in Corn, Annual Report No. 24; Nebraska Agricultural Experimental Station: Lincoln, NB, USA, 1911; pp. 108–159.
- Moon, T., Kim, D., Kwon, S., Ahn, T. I., & Son, J. E. (2022). Non-destructive monitoring of crop fresh weight and leaf area with a simple formula and a convolutional neural network. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(20), 1–15. <https://doi.org/10.3390/s22207728>
- Mutai, P. A. (2020). The potential use of rabbit urine as a bio fertilizer foliar feed in crop production. *Africa Environmental Review Journal*, 4(1), 138–147.
- Mutryarny, E., Endriani, & Lestari, S. U. (2014). Pemanfaatan urine kelinci untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L) Varietas Tosakan. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 11(2), 23–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/jip.v11i2.1246>
- Muttaqin, D. (2023). Analisis kelayakan usahatani kembang kol (*Brassica oleracea* botrytis) di BPPSDMP Kalimantan Timur. *Jurnal AgriWidya*, 4(1), 21–37.
- Nasution, I. S., Satriyo, P., Ichwana, Yolanda, S., & Alma, A. (2021). Non-destructive measurement of leaf area and leaf number of hydroponic pak-choy plants (*Brassica rapa*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/644/1/012004>
- Ning, C. chuan, Gao, P. dong, Wang, B. qing, Lin, W. peng, Jiang, N. hao, & Cai, K. zheng. (2017). Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1819–1831. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61476-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61476-4)

- Nour, A. M., & Weibel, D. E. (1978). Evaluation of root characteristics in grain sorghum 1 . *Agronomy Journal*, 70(2), 217–218. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000020002x>
- Okonji, C. J., Ajayi, E. O., Obisesan, O. I., Osundare, O. T., & Adetuyi, A. O. (2023). Performance of rabbit urine on the yield and yield component of cucumber. *Badeggi Journal of Agricultural Research and Environment*, 5(1), 15–23. <https://doi.org/10.35849/bjare202301/81/002>
- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A. N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. In G. H. Dar, R. A. Bhat, M. A. Mehmood, & K. R. Hakeem (Eds.), *Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs* (pp. 1–20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Pawar, R., Barkule, S., & Patil, S. G. (2018). Effect of integrated nutrient management on post-harvest parameters of cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) cv . pusa snowball- 16. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 480–483.
- Picchi, V., Fibiani, M., & Lo Scalzo, R. (2020). Chapter 2 - Cauliflower. In A. K. Jaiswal (Ed.), *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (pp. 19–32). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00002-7>
- Qaswar, M., Jing, H., Ahmed, W., Dongchu, L., Shujun, L., Lu, Z., Cai, A., Lisheng, L., Yongmei, X., Jusheng, G., & Huimin, Z. (2020). Yield sustainability, soil organic carbon sequestration and nutrients balance under long-term combined application of manure and inorganic fertilizers in acidic paddy soil. *Soil and Tillage Research*, 198, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104569>
- Shi, P., Liu, M., Yu, X., Gielis, J., & Ratkowsky, D. A. (2019). Proportional relationship between leaf area and the product of leaf length and width of four types of special leaf shapes. *Forests*, 10(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/f10020178>
- Soverda, N., Swari, E., Neliyati, N., Putri, D., & Wahyuni, D. (2024). Growth response of pak choi (*Brassica rapa* L.) on different concentrations and intervals of eco-enzyme applications. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 52(1), 82–91. <https://doi.org/10.24831/jai.v52i1.53868>
- Sugiharti, I. E. P., Raksun, A., & Mertha, I. G. (2022). The effect of liquid organic fertilizer from tofu industrial waste and EM4 on the growth of mustard greens (*Brasica juncea* L.). *Jurnal Pijar Mipa*, 17(4), 554–559. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i4.3412>
- Uddin, A. F. M. J., Nahid, H. M., Dastagir, T., Chaitee, F. T. J., & Husna, M. A. (2024). Liquid manure as a potential alternative nutrient solution for organic strawberry production. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, 12(1), 27–30. <https://doi.org/10.55706/ijbssr12106>
- Wang, B., Wang, Y., Sun, Y., Yu, L., Lou, Y., Fan, X., Ren, L., & Xu, G. (2022). Watermelon responds to organic fertilizer by enhancing root-associated acid phosphatase activity to improve organic phosphorus utilization. *Journal of Plant Physiology*, 279, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153838>

- Wijayanto, B., Sucahyo, A., & Rimartin, G. A. (2023). Proceedings of the International Symposium Southeast Asia Vegetable 2021 (SEAVEG 2021). In *Proceedings of the International Symposium Southeast Asia Vegetable 2021 (SEAVEG 2021)* (Vol. 1). Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-028-2>
- Xiao, X., Li, J., Lyu, J., Feng, Z., Zhang, G., Yang, H., Gao, C., Jin, L., & Yu, J. (2022). Chemical fertilizer reduction combined with bio-organic fertilizers increases cauliflower yield via regulation of soil biochemical properties and bacterial communities in Northwest China. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.922149>
- Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z., & Cao, K. (2020). Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56954-2>