



Identification of Abiotic Stress of Corn Varieties due to Application of Rice Straw and Biochar Organic Materials to Ultisol Soil

Identifikasi Cekaman Abiotik Varietas Jagung akibat Pemberian Bahan Organik Jerami padi dan Biochar pada Tanah Ultisol

Bukhari^{*1)}, Jamilah¹⁾, Sabaruddin Zakaria²⁾, Sufardi³⁾, and Syafruddin²⁾.

¹⁾Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Jabal Ghafur

²⁾Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Syiah

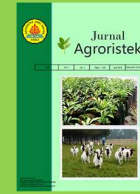
³⁾Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Universitas Syiah Kuala

ABSTRACT

Abiotic stress is a limiting factor in maize production on Ultisols. One solution that can be done to overcome this problem is through the selection of resistant corn varieties and by using organic matter as an amendment. The experiment tested the effect of abiotic stress on the growth of maize in Ultisols. Abiotic stress consisted of 10 (ten) treatments, namely: C₀ (without drought stress/75% FC), C₁ (drought stress/37.5% FC), C₂ (without phosphorus stress), C₃ (phosphorus stress/ without phosphorus), C₄ (without potassium stress), C₅ (potassium stress/without potassium), C₆ (without magnesium stress), and C₇ (magnesium stress/ without magnesium), C₈ (given organic matter) and C₉ (without organic matter). The observed variables were the number of stomata, total chlorophyll content, cob dry weight, root dry weight, shoot dry weight, and plant biomass weight. The results showed that maize varieties had different response abilities to deficiencies of the three macronutrients. This is proven by the fact that there is a difference in the ability of corn to be stressed by the three nutrients, namely P, K and Mg. Corn that has the best adaptability is the Anoman I variety, this variety has the highest number of stomata and total chlorophyll, and the heaviest biomass, while the variety that has the lowest adaptability to nutrient deficiencies because it shows low responses to all the agrophysiological characters above is the Lamuru variety. This identification shows that the Anoman 1 variety is the most resistant to nutrient stress while Lamuru is the most sensitive variety. Organic materials can increase the adaptability of corn to water and nutrient deficiencies. This fact can be seen from the results of research where the Lamuru variety which is sensitive to water and nutrient shortages can increase its adaptability after obtaining organic amendments of rice straw and biochar. In general, it can be concluded that abiotic stress, both water stress and nutrient stress (P, K, and Mg) affected all observed variables and there was a significant interaction between varietal differences and abiotic stress in Ultisols.

Key Word : Corn Varieties, Organic Amendment, Nutrition Stress and Water Stress

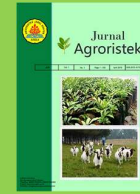
Ultisol Soil



ABSTRAK

Cekaman abiotik merupakan faktor pembatas dalam produksi jagung pada tanah Ultisol. Salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk menangani masalah ini adalah melalui seleksi varietas jagung yang tahan dan dengan penggunaan bahan organik sebagaia amandemen. Percobaan menguji pengaruh cekaman abiotik terhadap pertumbuhan jagung pada tanah Ultisol. Cekaman abiotik terdiri atas 8 (delapan) perlakuan yaitu: C₀ (tanpa cekaman kekeringan/diberi air 75 % KL), C₁ (cekaman kekeringan/diberi air 37,5 % KL), C₂ (tanpa cekaman Posfor), C₃ (cekaman fosfor/tidak diberi P), C₄ (tanpa cekaman Kalium), C₅ (cekaman kalium/tidak diberi K), C₆ (tanpa cekaman magnesium), dan C₇ (cekaman magnesium/tidak diberi magnesium), C₈ (diberikan bahan organik) dan C₉ (tanpa bahan organik). Peubah yang diamati adalah jumlah stomata, kandungan klorofil total, bobot kering tongkol, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan bobot biomassa tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas jagung mempunyai perbedaan kemampuan respon terhadap kekurangan ketiga unsur hara makro tersebut. Hal ini dibuktikan melaluinya ada perbedaan kemampuan jagung yang mendapat cekaman unsur ketiga unsur hara yaitu cekaman P, K dan Mg. Jagung yang memiliki daya adaptasi terbaik adalah varietas Anoman I, Vrietas ini mempunyai jumlah stomata dan total khlorofil terbanyak, dan biomassa terberat, sedangkan varietas yang daya adaptasinya rendah terhadap defisiensi hara karena memperlihatkan respon respon yang redah terhadap semua karakter agrofisiologi di atas adalah varietas Lamuru. Identifikasi ini menunjukkan varietas Anoman 1 merupakan varietas yang paling tahan cekaman hara sedang Lamuru mepupakan varietas yang paling peka. Bahan organik dapat menambah kemampuan adaptasi jagung terhadap kekurangan air dan hara. Kenyataan ini terlihat dari hasil penelitian dimana varietas Lamuru yang peka terhadap kekurangan air dan unsur hara dapat bertambah kemampuan adaptasinya setelah mendapatkan amandemen organik jerami padi dan biochar. Secara umum dapat disimpulkan bahwa cekaman abiotik baik cekaman air maupun cekaman hara (P, K, dan Mg) berpengaruh terhadap semua peubah yang diamati dan terdapat interaksi yang nyata antara perbedaan varietas dengan cekaman abiotik pada tanah Ultisol.

Key woard : Amandemen organik, Cekaman Air, Cekaman Hara , Tanah Ultisol, dan Varietas jagung



PENDAHULUAN

Latar Belakang

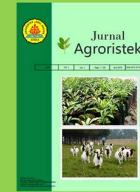
Di Indonesia, jagung umumnya dihasilkan dari daerah lahan kering dengan jenis tanah Ultisols, Inceptisols, Oxisols, Andisols, Alfisols, dan Entisols. Salah satu ordo tanah yang menjadi sasaran pengembangan jagung adalah Ultisols karena tanah ini mencapai 25% dari total luas lahan di Indonesia. Tanah ini terdapat di zona tropis dan dicirikan oleh kesuburan yang rendah (Xu et al., 2018) karena curah hujan yang tinggi disertai dengan temperatur yang hangat dapat memacu terjadinya proses pelapukan atau genesis tanah. Pelapukan yang intensif menyebabkan tanah ini miskin unsur hara dan rendah bahan organik.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa lahan kering di daerah tropis umumnya miskin unsur hara, bereaksi masam, kandungan bahan organik rendah, kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation rendah (Agus et al., 2020), indeks kualitas tanah rendah (Boafo et al., 2020; Hemati et al., 2020) dan kesuburan tanah yang rendah (McLeod et al., 2020).

Selain persoalan kesuburan tanah dan defisiensi unsur hara, pada lahan kering seperti Ultisol sering terjadi kekurangan air terutama pada bulan-bulan kering di musim kemarau. Kondisi ini dapat mempengaruhi kepada tanaman budidaya yang diusahakan pada lahan kering tersebut yang memberikan dampak terhadap cekaman air pada tanaman, sehingga cekaman air (*water stress*) dan hara

merupakan masalah utama pada tanah ini. Cekaman air menyebabkan perubahan fisiologis tanaman seperti penurunan fotosintesis dan transpirasi, perubahan karakteristik fisiologis daun tanaman, seperti fotosintesis daun dan laju transpirasi Hussain et al. (2018) dan juga menyebabkan penurunan bobot tanaman segar dan kering Huang et al. (2010). Penanaman jagung pada tanah ini mengakibatkan penurunan hasil jagung jika kondisi cekaman air terjadi pada fase generatif Mi et al. (2018). Masalah ini dapat diatasi dengan menerapkan amandemen organik pada jenis tanah ini. Amandemen organik secara signifikan mempengaruhi peningkatan kualitas tanah, terutama bila digunakan dengan pupuk organik Chuan-chuan et al. (2017)..

Pendekatan lain yang diterapkan pada tanah tropis adalah pendekatan adaptasi, teknologi spesifik lokasi yang membutuhkan investasi dalam penelitian varietas yang tepat (Mostofa et al., 2018). Upaya ini dapat dilakukan dengan mengembangkan varietas unggul yang adaptif terhadap berbagai tipologi lahan kering marginal. Namun upaya tersebut masih belum maksimal dilakukan terutama di negara ketiga seperti Indonesia. Banyak tanaman pangan khususnya jagung yang telah diproduksi, namun belum semuanya diujicobakan pada lahan kering tropika masam, terutama terhadap defisiensi hara. Penapisan galur jagung inbrida dan pemilihan genotipe yang toleran terhadap defisiensi hara merupakan strategi penting untuk mengembangkan kultivar yang tumbuh di tanah dengan



ketersediaan hara yang terbatas, terutama N, P, K, dan Mg.

Strategi ini dapat dikembangkan dengan menganalisis kekurangan nutrisi dengan menggunakan larutan nutrisi. Pada sebagian besar sampel yang kekurangan nutrisi, penurunan efisiensi fotokimia, peningkatan disipasi non-fotokimia, dan penurunan jumlah fotosistem aktif diamati. Ketahanan varietas yang diuji dinilai melalui respon tanaman terhadap perlakuan defisiensi unsur hara dan pengukuran serta analisis perubahan fisiologis tanaman seperti kepadatan stomata, indeks stomata, jumlah klorofil, dan bobot biomassa tanaman selama fase vegetatif. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis ketahanan beberapa varietas jagung terhadap defisiensi unsur hara dan pengaruhnya terhadap karakter fisiologis tanaman seperti stomata, klorofil dan produksi biomassa. Pemilihan varietas yang tepat untuk kondisi defisiensi unsur hara seperti P, K dan Mg dapat dilakukan dengan menganalisis ketahanan varietas melalui penyesuaian terhadap larutan hara.

Amandemen organik juga termasuk strategi penanganan tanah Ultisol yang dapat meningkatkan dekomposisi dalam proses mineralisasi dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Xu et al., 2020; Elayaja dan Sathiyamurthi, 2020). Biochar, pupuk kandang serta arang dan kompos merupakan bahan organik amandemen yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan produksi tanaman (Hussain et al., 2017; Triatmoko et al., 2020; Nasar et al., 2019), yang berperan

dalam menyerap dan menetralkan kontaminan berbahaya di tanah Yuan et al. (2019). Semua jenis biochar dapat meningkatkan ketersediaan air tanah, termasuk tanah liat Günal et al. (2018). Saat ini, kurangnya informasi telah ditemukan mengenai penggunaan bahan organik untuk ketahanan tanaman jagung terhadap cekaman air, terutama padatan Ultisol.

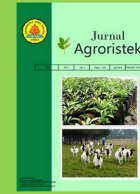
BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Plastik yang dibuat khusus dikebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jabal Ghafur. Pengamatan stomata, analisis chlorofil dan proline dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Unsyiah. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Nopember 2022.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung 3 varietas, kertas merang, plastik sampul, jerami padi, biochar sekam padi, asam sulfosalsik 3 %, asam ninhidrin, asam acetat, alkohol 70 %, larutan HNO₃ 25 %, Larvin, Ridomil, acetone 80 % dan lain-lain. Tanah Ultisol yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada lapisan atas (0-20 cm) yang berasal dari Desa Teureubeh Kecamatan Jantho, Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dengan koordinat 0.5°17'5.2"LU dan 95°35'12"BT. Tiga varietas jagung yang diteliti terdiri atas Varietas NK-Jumbo (V₁), Anoman 1



(V₂) dan Varietas Lamuru (V₃). Ke tiga Varietas ini diperoleh dari Maros Corn Research Institute, Sulawesi Selatan.

Alat-alat yang dipakai meliputi: stoples, plastik transparan, mortar, mikrofilter, kotak plastik, meteran, oven pengering, gelas ukur, pot aluminium, timbangan analitik, pinset, sprayer, mortar porselin, mikroskop, spektrophotometer, *Anatomic Absorbtion Spektrophotometer* (AAS) dan UV-Vis Spektrophotometer.

Metode Penelitian

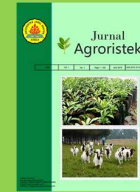
Percobaan ini menggunakan rancangan petak terpisah (split-plot design) yang terdiri atas 2 faktor yaitu: varietas terdiri dari 3 (tiga) varietas yang merupakan hasil penelitian 2 penelitian terdahulu yang telah diuji ketahanannya terhadap cekaman air dan hara, varietas yang tahan terhadap cekaman hara adalah V₁ (NK-Jumbo), tahan terhadap kekeringan V₂ (Anoman 1) dan peka terhadap cekaman air dan hara V₃ (Lamuru), sedangkan sebagai anak petak adalah perlakuan cekaman abiotik yang terdiri dari C₀ (tanpa cekaman kekeringan/diberi air 75 % dari kapasitas lapang), C₁ (cekaman kekeringan/ diberi air 37.5 % dari kapasitas lapang), C₂ (tanpa cekaman Posfor), C₃ (cekaman fosfor atau C-P), C₄ (tanpa cekaman kalium), C₅ (cekaman kalium C-K), C₆ (tanpa cekaman magnesium), C₇ (cekaman magnesium atau C-Mg), C₈ (Amandemen Organik) dan C₉ (Cekaman Organik atau C-O) sehingga diperoleh 36 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali. Jagung ditanam dalam

polibag berkapasitas isian 15 kg, yang telah diisi campuran tanah Ultisol dengan bahan organik. Pemberian bahan organik adalah 5 ton ha⁻¹ ditambah biochar 5 ton ha⁻¹ yang merupakan hasil terbaik dari penelitian sebelumnya (Bukhari et. al., 2022). Selanjutnya setiap tanah dalam polibag diperlakukan dengan cekaman air, cekaman hara fosfor, kalium dan magnesium. Setelah itu, tanah disirami dengan air sesuai perlakuan cekaman hingga tanaman jagung memperlihatkan kriteria panen.

Perlakuan cekaman air dilakukan 10 hari setelah tanam, sedangkan perlakuan cekaman hara dilakukan pada saat tanam. Aspek pemeliharaan dan pengendalian jasad pengganggu dilakukan sama untuk semua tanaman dan dikendalikan secara mekanik. Kemampuan toleransi terhadap cekaman abiotik baik cekaman air maupun cekaman hara dinilai melalui pengamatan karakter morfologis, agronomi dan fisiologis yang ditunjukkan oleh varietas jagung tersebut. Pengamatan yang membutuhkan peralatan laboratorium, menggunakan fasilitas laboratorium Fakultas Pertanian

Parameter morfo-agronomi yang diamati meliputi:

- (1) Jumlah stomata diamati pada umur 50 hari, stomata (mm²) dihitung pada sepuluh bidang perwakilan daun sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Orsini et al., 2012).
- (2) Luas daun diukur dengan menggunakan suatu alat fotolistrik (leaf area meter LI-3000A), yang bekerja secara otomatis.



- (3) Daun menggulung, jumlah helai daun menggulung diamati secara manual pada umur 40 hari setelah tanam pada jam 1200-1400.
- (4) Kandungan prolin, Kandungan prolin diamati pada akar utama dan daun yang dianalisis dengan metode yang dikembangkan oleh Betes *et al.* (1973).
- (3) Bobot kering tajuk, diamati setelah panen dengan memisahkan akar dari tanaman lalu dikeringkan pada suhu 80^o hingga beratnya konstan
- (4) Biomassa yaitu bobot total tanaman setelah dikeringkan dalam hal ini biomassa adalah bobot kering akar ditambah dengan bobot kering tajuk.

Para meter komponen hasil jagung yang diamati meliputi:

- (1) Berat kering tongkol ditimbang setelah dikering openkan pada suhu 80^o hingga beratnya konstan
- (2) Bobot kering akar, diamati setelah panen dengan mengambil semua akar dari tanaman dicuci bersih lalu dikeringkan pada suhu 80^o hingga beratnya konstan

Tabel 1. Pengaruh Cekaman Air dan Pemberian Bahan Organik terhadap Perubahan Karakter Agrofisiologis Tiga Varietas Jagung pada Stadia Vegetatif

Perlakuan	Total stomata (no/mm ²)	Daun menggulung (strands/ btg)	Luas daun(cm ² / btg)	Chlorofil Total (µ g/g)	F table		
					Kandungan prolin (µ mol/g)	0.05	0.01
Varietas							
NK-Jumbo	13.77 a	2.63 a	405.69 b	785.65 bc	82.02 ab	3.18	5.08
Anoman 1	17.04 bc	2.60 a	419.13 c	835.09 c	86.81 b	3.18	5.08
Lamuru	11.57 a	2.44 a	387.57 a	775.53 bc	76.98 a	3.18	5.08
Cekaman Air							
Control (75 % FC)	17.64 b	2.44 a	410.13 b	765.22 b	78.72 a	4.03	7.17
Water stress (37.5 % FC)	14.53 ab	2.67 b	358.13 a	743.28 a	85.15 b	4.03	7.17
Amandemen Organik							
Tanpa amandemen	15.50 b	3.25 c	394.82 a	760.39 b	93.69 b	2.79	4.20



Amandemen	18.67 c	1.97 a	425.22 b	832.28 c	70.41 a	2.79	4.20
-----------	---------	--------	----------	----------	---------	------	------

V= Varietas, S= Cekaman air, B= Amandemen organik, a,b, c = perbedaan pengaruh tingkat uji LSD pada P = 0,05

Tabel 1 menunjukkan perbedaan yang nyata total stomata, luas daun, Total chlorofil dan kandungan prolin antar varietas jagung. Anoman 1 menunjukkan total stomata, luas daun, dan kandungan prolin tertinggi, sedangkan Lamuru memiliki total stomata, luas daun, Chlorofil Total dan kandungan prolin terendah. Total stomata NK-jumbo dan Lamuru masing-masing 13.77 (23.97 %) dan 11.57 (42.28 %) serta chlorofil total 785.65 (6.29 %) dan 775.53 (7.68 %) lebih kecil dari total stomata dan Chlorofil total Anoman 1. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa cekaman air menyebabkan peningkatan jumlah daun menggulung dan penurunan luas daun yang signifikan dibandingkan kontrol. Jumlah daun menggulung dan luas daun dengan perlakuan cekaman air berturut-turut adalah 2.67 dan 358.13 cm²/batang. Tanpa cekaman air, jumlah daun menggulung hanya 2.44 helai, atau turun 9.43 % dan luas daun 410.13 cm²/batang atau naik 14.52 %.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa amandemen organik menyebabkan perbedaan nyata pada total stomata, keriting daun, luas daun, dan kandungan prolin. Aplikasi jerami padi 5 ton ha⁻¹ + biochar 5 ton ha⁻¹ sebagai pembenah tanah menyebabkan peningkatan total stomata dan luas daun masing-masing menjadi 10.51 % dan 7.70 % dibandingkan tanpa

pembenahan tanah. Aplikasi jerami padi 5 ton ha⁻¹ + biochar 5 ton ha⁻¹ sebagai pembenah tanah juga menyebabkan penurunan jumlah keriting daun dan kandungan prolin masing-masing menjadi 39.38 % dan 33.06 %. Sebagai perbandingan, kandungan prolin meningkat secara signifikan pada kondisi cekaman air menjadi 85.15 µmol.g⁻¹ jaringan tanaman dibandingkan dengan kontrol yang hanya 78.72 µmol.g⁻¹ jaringan tanaman. Prolin adalah salah satu metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jagung di bawah tekanan Fukami et al. (2018). Cekaman kekeringan meningkatkan kandungan prolin dan larutan karbohidrat pada daun Al-Yasi et al. (2020). Kandungan prolin pada varietas NK-Jumbo lebih tinggi dibandingkan dengan Lamuru. Dengan menerapkan amandemen organik, kandungan prolin menurun secara substansial dibandingkan dengan tanpa amandemen tanah. Di sisi lain, kandungan prolin menurun ketika tanah amandemen organik ditambahkan ke tanah. Padahal pembenahan tanah dengan jerami padi 5 ton ha⁻¹ + Biochar 5 ton ha⁻¹ mampu menghindari kekurangan air.

Identifikasi kandungan prolin

Hasil uji F menunjukkan bahwa varietas, stressian air dan amandemen organik berpengaruh nyata terhadap kandungan prolin, pengaruh tersebut disajikan pada tabel 2.



Tabel 2. Kandungan prolin akibat perbedaan varietas, stress air dan pemberian amandemen organik (μ mol/g jaringan tanaman)

	Varietas 1		Varietas 2		Varietas 3	
Amandemen Organik	S ₀	S ₁	S ₀	S ₁	S ₀	S ₁
Tanpa amandemen	80.04 bc	90.13 d	88.11 d	99.28 e	78,88 bc	84,06 cd
Jerami + Biochar	67.22 ab	69.37 ab	68.11 ab	72.18 ab	63,34 a	69,82 ab

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada $P = 0,05$ (Uji BNT). BNT interaksi ketiga faktor adalah 7.48 .

Dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa ada perbedaan kandungan prolin diantara ketiga varietas yang mendapat perlakuan stres air dan amandemen organik yang berbeda. Varietas Anoman 1 (V₂) ketika mendapat perlakuan stres air dan tidak diberikan amandemen organik menunjukkan kadungan prolin terbanyak. Dari fakta tersebut jelaslah ketika jagung distreskan bahan organik dapat membantu menekan kehilangan air dalam tanah sehingga sintesa metabolit sekunder terutama prolin menjadi berkurang.

Varietas Anoman 1 ketika mengalami stres ataupun tidak mempunyai kandungan prolin terbanyak yaitu 99,28 dan 88,11 μ mol/g jaringan tanaman yang diikuti oleh varietas NK-Jumbo dengan kandungan 90,13 dan 80,04 μ mol/g jaringan tanaman , sedangkan kandungan prolin yang paling sedikit diperlihatkan oleh varietas Lamuru yang hanya mengandung prolin 84,06 dan 78,88 μ mol/g jaringan tanaman ketika tidak diberikan bahan organik. Kandungan

prolin semakin berkurang dengan adanya asupan bahan organik, pada kondisi stres air kandungan prolin pada semua varietas lebih banyak, namun prolin berkurang ketika mendapatkan bahan organik, kandungan prolin sangat kurang ketika bahan organik yang diberikan potongan adalah jerami padi ditambah biochar dengan perbandingan yang sama yaitu masing-masing 5 ton ha⁻¹.

Identifikasi Produksi Biomassa

Pengaruh cekaman air dan amandemen organik terhadap produksi biomassa jagung ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa varietas jagung tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam produksi biomassa. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan cekaman air berpengaruh nyata terhadap berat kering akar dan rasio pucuk-akar. Cekaman air menyebabkan peningkatan berat kering akar dan rasio akar pucuk masing-masing menjadi 5,22% dan 5,94%.

\Tabel 3. Pengaruh Cekaman Air dan Pemberian Bahan Organik terhadap Perubahan



Karakter Produksi Biomassa Tiga Varietas Jagung pada Stadia Vegetatif

Perlakuan	Bobot Kering Tajuk (g)	Bobot Kering Akar (g)	Rasio Tajuk Akar	Total Biomassa (g)	F tabel	
					0.05	0.01
Varieties						
NK-Jumbo	140.83 a	31.67 bc	4.45 b	172.50 bc	3.18	5.08
Anoman	142.92 a	35.83 c	3.99 ab	178.75 bc	3.18	5.08
Lamuru	141.92 a	20.83 a	7.81 c	162.75 b	3.18	5.08
Drought Stress						
Control (75 % FC)	91.81 a	79.44 b	1.16 a	171.25 bc	4.03	7.17
Stress Air (37.5 % FC)	104.35 a	20.23 a	5.16 b	124.58 a	4.03	7.17
Amandemen Organik						
Tanpa Amandemen	135.42 a	37.64 a	2.15 a	173.06 a	2.79	4.20
Amandemen	151.30 c	41.37 b	2.41 c	192.67 c	2.79	4.20

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa amandemen organik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap semua variabel produksi biomassa. Aplikasi amandemen organik dengan jerami padi 5 ton ha⁻¹ + Biochar 5 ton ha⁻¹ menyebabkan bobot kering pucuk, rasio akar pucuk, dan biomassa total lebih tinggi dibandingkan perlakuan amandemen lainnya. Bobot kering pucuk, bobot kering akar, rasio akar pucuk, dan total biomassa meningkat masing-masing sekitar 33.88%, 18.32%, 12.09%, 28.40%, dibandingkan tanpa amandemen organik. Penurunan dampak cekaman air dan peningkatan produksi biomassa oleh amandemen organik diduga terkait dengan perbaikan sifat tanah dengan perlakuan ini. Aplikasi biochar secara signifikan memperbaiki sifat fisik tanah seperti berat isi, porositas total, retensi

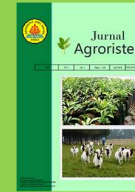
air dan ketahanan penetrasi. Selain itu, biochar atau bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan air tanah (Saffari et al., 2021; Sachan et al., 2020). Menerapkan biochar sebagai pembenah tanah meningkatkan asimilasi karbon dalam kedelai, menghasilkan peningkatan akumulasi biomassa dan hasil (Zhu et al. 2019).

Pengaruh Varietas dan Stress Abiotik terhadap Jagung

Jumlah stomata

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa varietas berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah stomata jagung per pot. Rata – rata jumlah stomata jagung per pot akibat perbedaan varietas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata - rata Jumlah Stomata Tanaman Jagung akibat Perbedaan Varietas (no/mm²)

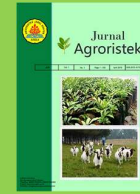


Perlakuan	V ₁ (NK-Jumbo)	V ₂ (Anoman I)	V ₃ (Lamuru)	Rata-rata (C)
Diberi Air	19.95 e	18.06 de	14.90 cd	17.64 de
Cekaman Air	16.60 cd	16.73 cd	10.42 a	14.53 b
Diberi Fosfor	13.10 b	19.65 e	15.72 d	16.16 cd
Cekaman Fosfor	10.75 a	18.05 de	10.40 a	13.07 b
Diberi Kalium	15.57 c	17.32 cd	13.47 b	15.45 b
Cekaman Kalium	10.70 a	15.40 bc	11.37 bc	12.49 ab
Diberi Magnesium	12.82 ab	16.05 c	21.45 e	16.77 d
Cekaman Magnesium	10.65 a	15.07 bc	11.57 bc	12.43 ab
Diberi Organik	16.40 cd	18.17 de	21.44 e	18.67e
Cekaman Organik	15.54 c	16.63 cd	14.33 cd	15.50 b
Rerata (V)	13.77 a	17.04 b	13.66 a	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf =5 % (Uji BNT). BNT Cekaman abiotik = 1.42 . BNT varietas = 1.89 dan BNT interaksi = 2.65

Tabel 4 memperlihatkan bahwa ada perbedaan jumlah stomata jagung akibat perbedaan varietas, jumlah stomata terbanyak terdapat pada jagung varietas Anoman 1 (V₂) dengan nilai 17.04 g/g jaringan yang berbeda nyata dengan varietas NK-Jumbo (V₁) dan Lamuru (V₃). Cekaman abiotik menunjukkan jumlah stomata jagung yang berbeda, dimana jagung yang tidak mendapat cekaman abiotik umumnya menunjukkan rata-rata jumlah stomata yang lebih banyak dibanding dengan ketika jagung mendapat cekaman. Perbandingan antara kondisi kontrol (tanpa defisiensi hara) dan defisiensi P (C-P) menunjukkan bahwa varietas jagung yang relatif tidak terpengaruh akibat defisiensi ketiga unsur hanya varietas Anoman I. Sebagai perbandingan, sedangkan NK;Jumbo dan Lamuru ketika mengalami defisiensi hara menunjukkan penurunan kerapatan stomata. Penurunan densitas stomata yang paling signifikan terjadi pada varietas Lamuru, artinya varietas

ini sangat rentan terhadap defisit atau defisiensi Mg (C-Mg) mengalami penurunan total stomata hingga 67,23 %. Data ini menunjukkan bahwa varietas yang paling rentan terhadap defisiensi K adalah Lamuru, dan yang paling tahan adalah varietas Anoman I yang menunjukkan penurunan kerapatan stomata hanya 14,6%. Dengan membandingkan kerapatan stomata daun antara defisiensi fosfor (C-P), kalium (C-K) dan magnesium (C-Mg), menunjukkan bahwa defisiensi magnesium (C-Mg) menyebabkan penurunan kerapatan stomata yang signifikan pada varietas Lamuru. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa kerapatan stomata daun akibat defisiensi magnesium berkisar antara 10.65 – 21,45 (no/mm²), dengan persentase penurunan berkisar antara 25,9% hingga 55,9%. Jagung yang tidak mendapatkan amandemen organik juga memperlihatkan jumlah stomata yang lebih sedikit terutama varietas Lamuru.



Penurunan kerapatan stomata daun akibat defisiensi unsur hara menunjukkan bahwa sebagian besar varietas jagung yang dianalisis kurang tahan terhadap defisiensi unsur hara. Budidaya varietas ini di lahan marginal dengan kekurangan fosfor, kalium, dan magnesium harus dipertimbangkan untuk menambahkan ketiga jenis pupuk ini ke tanah. Perbedaan respon antar varietas jagung terhadap defisiensi unsur hara menunjukkan bahwa kemampuan masing-masing varietas jagung dalam membentuk stomata berbeda. Anoman I memiliki kemampuan yang lebih luar biasa untuk menghasilkan kerapatan stomata yang tinggi. Perbedaan kerapatan stomata juga berpengaruh pada defisiensi unsur hara, dimana kerapatan stomata tertinggi terdapat pada perlakuan unsur hara yang lengkap (Kontrol).

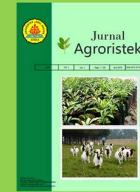
Pengaruh penurunan jumlah stomata akibat perlakuan defisiensi unsur hara menunjukkan bahwa ketiga unsur hara tersebut memberikan kontribusi yang nyata terhadap pembentukan stomata daun. Fosfor merupakan makronutrien esensial yang sangat penting sebagai bagian dari senyawa berenergi tinggi atau sebagai penyusun ATP dan NADPH tanaman yang sangat diperlukan untuk proses fisiologis tanaman (Sitko et al., 2019). Kalium dan magnesium nutrisi yang berperan sebagai katalisator berbagai kerja enzim tanaman, sehingga kekurangan unsur ini dapat mengganggu metabolisme tanaman (Xie et al., 2021). Magnesium juga merupakan makronutrien yang berperan sebagai koenzim dan unsur penyusun

klorofil daun. Defisiensi Mg diduga dapat mempengaruhi jumlah stomata yang dapat mempengaruhi respirasi tanaman. Fungsi penting lain dari Mg adalah menjaga kelangsungan transportasi gula dari sumber ke sink. Defisiensi Mg mengakibatkan gula pada daun sumber, terutama sukrosa dan pati (Cakmak dan Kirkby, 2008; Hermans dan Verbruggen, 2005).

Kepadatan stomata menggambarkan kondisi perubahan konsentrasi karbon dioksida. Karbon dioksida dan intensitas cahaya adalah satu-satunya faktor yang diketahui mengendalikan perkembangan stomata sel epidermis. Kepadatan stomata yang tinggi menunjukkan kemampuan adaptasi tanaman yang lebih besar terhadap kondisi lingkungan, meskipun lingkungan dalam keadaan kekurangan nutrisi. Intensitas cahaya mempengaruhi suhu lingkungan. Selain suhu, faktor lingkungan lain juga mempengaruhi kepadatan stomata. Hal ini didukung oleh (Jordan et al., 2020) yang menjelaskan bahwa kerapatan stomata dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban. Berdasarkan indeks stomata daun yang dianalisis pada fase vegetatif maksimum, dapat dikatakan bahwa defisiensi unsur hara fosfor, kalium, dan magnesium tidak berpengaruh nyata terhadap indeks stomata tetapi lebih berpengaruh terhadap kerapatan stomata.

Chlorofil Total

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa varietas berpengaruh sangat nyata terhadap



chlorofil total jagung per pot. Rata – rata chlorofil total jagung per pot akibat

perbedaan varietas dapat dilihat pada 5

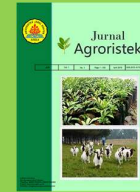
Tabel 5. Rata - rata Chlorofil Total Jagung akibat Perbedaan Varietas (μ g/g).

Perlakuan	V ₁ (NK-Jumbo)	V ₂ (Anoman I)	V ₃ (Lamuru)	Rerata
Diberi Air	667.49 a	862.16 e	766.01 bc	765.22 ab
Cekaman Air	668.04 a	816.52 c	745.29 b	743.28 a
Diberi Fosfor	843.77 cd	888.67 e	827.64 bc	853.36 c
Cekaman Fosfor	840.15 cd	835.74 de	807.95 bc	827.95 bc
Diberi Kalium	816.50 cd	885.87 e	784.61 ab	828.99 bc
Cekaman Kalium	819.66 bc	844.96 de	740.22 a	801.61 b
Diberi Magnesium	828.61 cd	832.91 de	789.83 ab	817.12 bc
Cekaman Magnesium	801.00 c	713.87 b	742.71 a	752.36 a
Diberi Organik	835.09 cd	840.22 de	821.53 c	832.28 cd
Cekaman Organik	798.23 ab	782.90 ab	700.04 a	760.39 bc
Rerata (V)	785.65 a	835.09 b	775.53 a	

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf =5 % (Uji BNT). BNT (0,05) Cekaman abiotik = 43,88 ; BNT (0,05) Perbedaan varietas = 30,02 ;BNT (0,05) Interaksi = 42,68.

Tabel 5 yang menunjukkan bahwa ada perbedaan chlorofil total jagung akibat perbedaan varietas, chlorofil total jagung terbanyak terdapat pada varietas Anoman 1 (V₂) dengan nilai 835,09 μ g/g jaringan tanaman yang berbeda nyata dengan varietas NK-Jumbo (V₁) dan Lamuru (V₃), dan rata-rata chlorofil total yang paling sedikit terdapat pada varietas Lamuru (V₃) dengan nilai 775.53 μ g/g jaringan tanaman, yang tidak berbeda nyata dengan varietas NK-Jumbo (V₁). Cekaman abiotik menunjukkan chlorofil total jagung yang berbeda, dimana jagung yang tidak mendapat cekaman menunjukkan rata-rata kandungan chlorofil total yang lebih banyak dibanding dengan ketika

jagung mendapat cekaman, jagung yang mendapat cekaman hara Mg memperlihatkan chlorofil total 817.12 μ g/g yang jauh berbeda dengan jagung yang tidak mendapat cekaman Mg hanya menunjukkan chlorofil total 752.36 atau turun 8,61 % dibandingkan dengan kontrol. Keadaan ini diduga bahwa pemberian bahan organik hancuran jerami padi yang ditambah dengan biochar dapat memenuhi kebutuhan dan meningkatkan ketersediaan Mg dalam larutan tanah, adanya suplai magnesium dari pemberian bahan organik hancuran jerami padi dan biocha dapat memenuhi kebutuhan jagung dalam sintesa chlorofil sehingga chlorofil total yang terdapat pada jagung yang telah



diberikan bahan organik dapat meningkatkan chlorofil total menjadi 821.53 atau meningkat 3.07 % dibandingkan dengan kontrol.

Namun pada perlakuan defisiensi magnesium (C-Mg), kandungan klorofil tertinggi terdapat pada varietas Anoman 1, sedangkan kandungan klorofil terendah terdapat pada varietas Lamuru. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa respon varietas jagung terhadap defisiensi unsur hara (P, K, dan Mg) bervariasi antar varietas jagung. Klorofil merupakan bagian penting dari suatu tumbuhan. Klorofil berperan dalam fotosintesis, dengan fungsi utama memanfaatkan energi matahari menjadi energi cahaya dan mengubahnya melalui proses asimilasi menjadi energi kimia berupa karbohidrat. Umur daun dan tahapan fisiologis tanaman merupakan faktor yang menentukan kandungan klorofil daun suatu tanaman (Biber, 2007). Kekurangan unsur hara dapat menurunkan kadar klorofil total karena unsur hara sangat penting bagi pertumbuhan tanaman jagung. N dan Mg merupakan unsur pembentuk struktur klorofil sedangkan Fe dibutuhkan sebagai kofaktor enzim yang penting untuk pembentukan klorofil (Leal-Ayala et al., 2021). Defisiensi unsur Fe menyebabkan penurunan enzim yang berperan dalam mengubah protoporfirin menjadi klorofil, sedangkan defisiensi Mg dan

nitrogen menyebabkan penurunan fungsi klorofil.

Fotosintesis merupakan proses penting untuk mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman produksi. Klorofil merupakan komponen utama kloroplas, dan kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Guha dan Rao, 2012). Sintesis klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cahaya, gula atau karbohidrat, air, suhu, faktor genetik, nutrisi seperti N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan O (Gransee dan Führes, 2013). Selain itu, penyerapan unsur hara dari tanah oleh akar terhambat, sehingga mempengaruhi ketersediaan unsur N dan Mg yang berperan penting dalam sintesis klorofil.

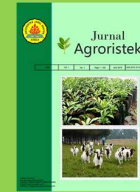
Dari kenyataan di atas dapat disimpulkan bahwa amandemen organik dapat memperbaiki sifat agrofisiologis jagung terutama pada varietas yang peka, pemberian bahan organik hancuran jerami padi yang ditambah dengan biochar dapat menambah unsur hara Mg dan meningkatkan ketersediaannya dalam larutan tanah, di samping itu Mg termasuk unsur hara makro yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan Fosfor dan Kalium.

Biomassa

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa varietas berpengaruh sangat nyata terhadap bobot biomassa. Rata - rata bobot biomassa tanaman jagung pengaruh varietas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata - rata Biomassa Tanaman Jagung akibat Perbedaan Varietas

Perlakuan	V ₁ (NK-Jumbo)	V ₂ (Anoman I)	V ₃ (Lamuru)	Rata-rata (C)
-----------	---------------------------	---------------------------	-------------------------	---------------



Diberi Air	172.50 d	178.75 d	162.50 cd	171.25 d
Cekaman Air	131.25 b	138.75 bc	103.75 a	124.58 a
Diberi Fosfor	177.50 d	196.25 e	151.75 c	175.17 d
Cekaman Fosfor	141.25 c	177.50 d	147.50 c	155.41 b
Diberi Kalium	176.25 d	176.25 d	168.75 cd	173.75 d
Cekaman Kalium	152.50 c	163.75 cd	151.25 c	155.83 b
Diberi Magnesium	183.75 de	183.75 de	182.50 de	183.33 de
Cekaman Magnesium	165.00 d	168.75 d	151.25 de	161.67 c
Diberi organik	195.68 e	199.31 e	183.02 de	192.67 e
Cekaman Oganik	174.32 d	178.57de	166.29 cd	173.06 d
Rerata (V)	168.00 a	177.16 b	159.86 a	

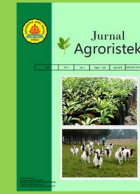
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan lajur yang sama tidak berbeda nyata pada taraf =5 % (Uji BNT) BNT (0,05) Cekaman abiotik= 9,49 ; BNT (0,05) Perbedaan varietas = 25,53 ;BNT (0,05) Interaksi = 3,49.

Tabel 6 dapat dilihat bahwa, ada perbedaan biomassa tanaman jagung akibat perbedaan varietas, bobot biomassa terberat dijumpai pada varietas Anoman I (V_2) dengan bobot biomassa adalah 177.16 g. berbeda nyata dengan V_1 (168.00 g) dan V_3 (159.86 g). Biomassa teringan dijumpai. Adanya perbedaan biomassa diduga akibat perbedaan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan kurang normal, kemampuan adaptasi yang lebih besar setelah mendapatkan bahan organik hancuran jerami padi dan ditambah biochar dimiliki oleh Anoman I.

Perlakuan defisiensi unsur hara menurunkan total biomassa jagung, defisiensi fosfor (C-P) mengakibatkan penurunan total biomassa sebanyak 11.28 %; kalium (C-K) 10.31%, dan magnesium (C-Mg) 11.81 %. Kertiga defisiensi unsur hara dapat menurunkan total biomassa jagung hingga 11.81 %. Biomassa biasanya digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman. Semakin baik pertumbuhan tanaman, semakin berat biomassa yang ditunjukkan oleh tanaman. Biomassa

tanaman juga dipakai sebagai indikator status nutrisi tanaman dan sebagai indikator yang menentukan baik tidaknya suatu pertumbuhan tanaman serta kaitannya dengan ketersediaan hara (Stellacci et al., 2012). Unsur hara yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman jagung, sehingga menghasilkan biomassa tanaman terbaik (Jezek et al., 2015).

Penyebab lain penurunan biomassa jagung adalah terbatasnya ketersediaan air dan bahan organik, hasil penelitian ini kehilangan biomassa jagung akibat terbatasnya bahan organik 10.18 % dan kehilangan biomassa jagung akibat cekaman air mencapai 27.25 %. Penurunan jumlah air menyebabkan sel kehilangan turgor sehingga ada kecenderungan plasmalemma untuk terpisah dari dinding sel (Agurla dan Raghavendra, 2016). Terhambatnya aktivitas pembelahan sel menyebabkan tidak terjadi peningkatan massa atau isi sel dan perluasan sel sehingga sel tetap mengecil (Chaves et al., 2003). Varietas jagung dapat menghasilkan biomassa yang hampir sama ketika kekurangan



unsur hara; baik P, K dan Mg adalah varietas Anoman I. Hal ini menunjukkan bahwa varietas Anoman I termasuk jagung lebih tahan terhadap defisiensi unsur hara. Jumlah energi yang diserap oleh klorofil dalam fotosintesis kemudian ditranslokasikan ke seluruh organ tanaman untuk membuat biomassa yang dihasilkan dari pengaruh fosfor sebagai pemasok fotosintesis dari daun ke bagian tanaman lainnya dan membantu pembentukan sel-sel baru.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- (1) Perbedaan varietas berpengaruh terhadap respon agrofisiologis terhadap cekaman Abiotik, terutama cekaman air dan unsur hara, namun cekaman ini dapat dikurangi dengan pemberian bahan organik.
- (2) Perlakuan cekaman air dan hara P, K, dan Mg berpengaruh terhadap perubahan karakter fisiologis dan pertumbuhan vegetatif tanaman jagung. Kemampuan adaptasi atau tingkat ketahanan diantara varietas jagung terhadap air dan cekaman hara fosfor, kalium dan magnesium tergantung pada varietas jagung. Varietas jagung yang relatif lebih tahan terhadap cekaman air dan hara adalah Anoman I, sedangkan kemampuan adaptasi yang lemah (rendah) diperlihatkan oleh varietas Lamuru.
- (3) Pemberian amandemen organik berupa Jerami padi, biochar dan

kombinasi kedua bahan tersebut mampu meningkatkan ketahanan varietas jagung NK-Jumbo, Srikandi Kuning, dan Lamuru, terhadap cekaman air dan defisiensi hara P, K, dan Mg pada tanah Ultisols.

Saran

- (1) Perlu penelitian lanjutan untuk menguji ketahanan dan kepekaan terhadap unsur hara lainnya seperti nitrogen, kalsium, dan sulfur karena lahan kering Ultisol selain sering terjadi defisiensi P, K, dan Mg juga defisiensi unsur-unsur lainnya terutama unsur makro.
- (2) Aplikasi jerami padi dan biochar dan amandemen organik lainnya dapat dianjurkan pada tanah Ultisol karena selain dapat memperbaiki kulat tanah ternyata juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman air dan hara.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, C., Ilfana, Z.R., Azmi, F.F., Rachmanadi, D., Widiyatno, Wulandari, D., Santosa, P.B., Harun, M.K., Yuwati, T.W., Lestari, T., 2020. The effect of tropical peat land-use changes on plant diversity and soil properties. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 17. <https://doi.org/10.1007/s13762->



019-02579-x

- Al-Yasi, H., Attia, H., Alamer, K., Hassan, F., Ali, E., Elshazly, S., Siddique, K. H. M., & Hessini, K., 2020. Impact of drought on growth, photosynthesis, osmotic adjustment, and cell wall elasticity in Damask rose. *Plant Physiology and Biochemistry*, 150, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.038>
- Boafo, D.K., Kraisornpornson, B., Panphon, S., Owusu, B.E., Amaniampong, P.N., 2020. Effect of organic soil amendments on soil quality in oil palm production. *Appl. Soil Ecol.* 147. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.008>
- Bukhari et al., 2022 .Effect of Organic Amendments on the Water Stress Resistance of Corn Varieties during Vegetative Stage in Ultisols. *ARCC Journal of India*, 56 (2): 276-28
DOI: <https://doi.org/10.18805/IJARE.AF-711>
- Chaves, M. M., J.P. Maroco., and J.S. Pereira, 2003. Understanding Plant Responnse To Drought : From Genes To Whole Plant, *Functional Plant Biology*, 30:239-264
- Chuan-chuan, N., Peng-dong, G. A. O., Bing-qing, W., Wei-peng, L. I. N., Ni-hao, J., & Kun-zheng, C. A. I. (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).
- Elayaraja, D., & Sathiyamurthi, S. 2020. Influence of Organic Manures and Micronutrients Fertilization on the Soil Properties and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Coastal Saline Soil. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(1), 89–94. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-5422>
- Fukami, J., De La Osa, C., Ollero, F. J., Megías, M., & Hungria, M., 2018. Co-inoculation of corn with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. *Functional Plant Biology*, 45(3): 328–339. <https://doi.org/10.1071/FP17167>
- Guha, S., Rao, I.S. ,2012. Nitric Oxide Promoted Rhizome Induction in *Cymbidium* Shoot Buds Under Magnesium Deficiency. - *Biol. Plant.* 56: 227-236.
- Günel, E., Erdem, H., & Çelik, İ. 2018. Effects of three different biochars amendment on water retention of silty loam and



- loamy soils. *Agricultural Water Management*, 208 (June), 232–244. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.004>
- Hemati, Z., Selvalakshmi, S., Xia, S., Yang, X., 2020. Identification of indicators: Monitoring the impacts of rubber plantations on soil quality in Xishuangbanna, Southwest China. *Ecol. Indic.* 116. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106491>
- Huang, S., Zhang, W., Yu, X., & Huang, Q. 2010. Agriculture, Ecosystems and Environment Effects of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in a Ultisol of southern China. “*Agriculture, Ecosystems and Environment*,” 138(1–2), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.03.015>.
- Huang, S., Zhang, W., Yu, X., & Huang, Q., 2020. Agriculture, Ecosystems and Environment Effects of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in a Ultisol of southern China. “*Agriculture, Ecosystems and Environment*,” 138(1–2), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.03.015>.
- Hussain, M., Farooq, M., Nawaz, A., Al-Sadi, A. M., Solaiman, Z. M., Alghamdi, S. S., Ammara, U., Ok, Y. S., & Siddique, K. H. M., 2017. Biochar for crop production: potential benefits and risks. In *Journal of Soils and Sediments* (Vol. 17, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1360-2>.
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M. and Nawaz, A. 2018. Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. In *Agricultural Water Management*. (Vol. 201, Issue September 2017, pp. 152-166). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.028>.
- Jezek M, Geilfus CM, Bayer A, Muehling KH. ,2015. Photosynthetic Capacity, Nutrient Status, and Growth of Corn (*Zea mays* L.) upon MgSO₄ Leaf-application. *Front Plant Sci* 5:Art 781. .
- Keles, Y. & Oncel, I., 2002 . Response of Antioxidative Efence System to Temperature and Water Cekaman Combinations in Wheat Seedlings, *Plant Science*, 163, 783-790.
- Leal-Ayala, O.G., Sandoval-Villa, M.,



- Trejo-Téllez, L.I., Sandoval-Rangel, A., De La Fuente, M.C., Benavides-Mendoza, A., 2021. Nitrogen form and root division modifies the nutrimental and biomolecules concentration in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca. 49:23-45.
- McLeod, M.K., Sufardi, S., Harden, S., 2021. Soil fertility constraints and management to increase crop yields in the dryland farming systems of Aceh, Indonesia. Soil Res. 59, 68–82. <https://doi.org/10.1071/SR19324>
- Mi, N., Cai, F., Zhang, Y., Ji, R., Zhang, S., & Wang, Y., 2018. Differential responses of corn yield to drought at vegetative and reproductive stages. Plant, Soil and Environment, 64(6), 260–267. <https://doi.org/10.17221/141/2018-PSE>
- Mostofa, M.G., Li, W., Nguyen, K.H., Fujita, M., Tran, L.S.P., 2018. Strigolactones in plant adaptation to abiotic stresses: An emerging avenue of plant research. Plant. Cell Environ. 41, 2227–2243. <https://doi.org/10.1111/PCE.13364>.
- Nasar, J., Alam, A., Khan, M. Z., & Ahmed, B. (2019). Char.coal and compost application induced changes in the growth and yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 53(4), 492–495. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-376>.
- Orsini, F., Alnayef, M., Bona, S., Maggio, A., & Gianquinto, G. (2012). Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. *Environ mentaland Experimental Botany*, 81, 1–10 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.02.005>.
- Sachan, H. K., Krishna, D., & Prasad, A., 2020. Influence of Organic and Inorganic Sources of Fertilizers on Growth and Yield of Corn (*Zea mays* L.) in Fiji. *Indian Journal Of Agricultural Research* 55:769–772. <https://doi.org/10.18805/ijare.a-590>.
- Saffari, N., Hajabbasi, M. A., Shirani, H., Mosaddeghi, M. R., & Owens, G., 2021. Influence of corn residue biochar on water retention and penetration resistance in calcareous sandy loam soil. *Geoderma*, 383. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114734>.
- Stellacci, A.M., Castrignanò, A., Diacono, M., Troccoli, A., Ciccarese, A., Armenise, E., Gallo, A., De Vita, P., Lonigro,



- A., Mastro, M.A., Rubino, P., 2012. Combined approach based on principal component analysis and canonical discriminant analysis for investigating hyperspectral plant response. *Ital. J. Agron.* 7. <https://doi.org/10.4081/ija.2012.e34>
- Triatmoko, V. A., Minardi, S., Widijanto, H., & Syamsiyah, J., 2020. Effects of various ameliorants on pH, phosphorus availability and soybean production in alfisols. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(4), 531–535. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-458>.
- Xu, P., Liu, Y., Zhu, J., Shi, L., Fu, Q., Chen, J., & Hu, H. 2020. Soil & Tillage Research Influence mechanisms of long-term fertilization on the mineralization of organic matter in Ultisol. *Soil & Tillage Research*, 201(June 2019), 104594. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104594>.
- Xu, P., Zhu, J., Fu, Q., Chen, J., Hu, H., & Huang, Q., 2018. Structure and biodegradability of dissolved organic matter from Ultisol treated with long-term fertilization. *Journal of Soils and Sediments*, 18 (5), 1865–1872. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1944-0>.
- Zhu, Q., Kong, L. Jian, Shan, Y. zi, Yao, X. dong, Zhang, H. jun, Xie, F. ti, & Ao, X., 2019. Effect of biochar on grain yield and leaf photosynthetic physiology of soybean cultivars with different phosphorus efficiencies. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(10): 2242–2254. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62563-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62563-3).