

Growth stage-based metabolite profiling of drought-tolerant transgenic rice under well-watered and deficit conditions**Kyong-Hee Nam, Hee Jae Shin, In-Soon Pack, Jung-Ho Park, Ho Bang Kim, Chang-Gi Kim***

Table 1. Relative quantification of metabolites for rice shoots under well-watered and water-deficit conditions during three growth stages.

Metabolites	Tillering stage			Heading stage			Ripening stage		
	<i>P</i> -value	Well-watered	Water-deficit	<i>P</i> -value	Well-watered	Water-deficit	<i>P</i> -value	Well-watered	Water-deficit
Amino acids									
Alanine	ns	0.17±0.04	0.19±0.03	***	0.10±0.02 ^a	0.14±0.02 ^b	ns	0.09±0.01	0.09±0.01
Asparagine	ns	0.04±0.04	0.04±0.02	**	0.02±0.01 ^a	0.04±0.02 ^b	ns	0.06±0.06	0.04±0.05
Aspartic acid	*	0.40±0.20 ^a	0.59±0.23 ^b	ns	0.25±0.07	0.30±0.15	ns	0.55±0.19	0.49±0.24
Glutamic acid	ns	0.22±0.09	0.28±0.13	*	0.11±0.02 ^a	0.13±0.03 ^b	ns	0.12±0.04	0.10±0.06
Glutamine	***	0.10±0.08 ^a	0.29±0.19 ^b	**	0.04±0.03 ^a	0.09±0.04 ^b	ns	0.10±0.10	0.12±0.13
Glycine	ns	0.14±0.04	0.17±0.07	***	0.04±0.01 ^a	0.07±0.02 ^b	ns	0.07±0.03	0.07±0.04
Isoleucine	ns	0.19±0.06	0.17±0.04	***	0.21±0.06 ^a	0.29±0.05 ^b	ns	0.29±0.13	0.29±0.15
Leucine	ns	0.25±0.07	0.22±0.08	***	0.21±0.06 ^a	0.30±0.06 ^b	ns	0.27±0.11	0.26±0.15
Lysine	ns	0.03±0.01	0.04±0.02	***	0.02±0.01 ^a	0.04±0.01 ^b	ns	0.05±0.03	0.05±0.03

N-carboxy-glycine	*	0.72±0.27 ^b	0.55±0.14 ^a	ns	0.72±0.20	0.85±0.20	ns	0.77±0.21	0.92±0.23
Norvaline	***	0.09±0.03 ^a	0.20±0.06 ^b	***	0.02±0.01 ^a	0.04±0.02 ^b	ns	0.01±0.01	0.01±0.01
Phenylalanine	ns	0.14±0.04	0.12±0.04	***	0.07±0.02 ^a	0.10±0.01 ^b	ns	0.08±0.03	0.08±0.04
Pyroglutamic acid	ns	2.24±1.32	2.84±1.21	***	0.61±0.16 ^a	1.24±0.33 ^b	ns	1.26±0.41	1.36±0.42
Serine	*	0.47±0.20 ^a	0.60±0.18 ^b	***	0.22±0.06 ^a	0.30±0.06 ^b	ns	0.34±0.12	0.33±0.15
Valine	ns	0.52±0.13	0.51±0.10	***	0.41±0.10 ^a	0.60±0.08 ^b	ns	0.52±0.19	0.51±0.24
γ-aminobutyric acid	ns	3.90±0.95	4.51±3.10	***	0.59±0.58 ^a	1.52±0.75 ^b	ns	0.89±0.42	0.95±0.62
Sugars									
Fructose	ns	31.0±10.1	38.7±19.1	***	12.8±7.0 ^a	23.6±7.8 ^b	ns	23.4±11.6	22.6±16.6
Glucose	ns	19.1±6.4	24.1±13.4	***	6.50±4.41 ^a	12.2±4.7 ^b	ns	12.8±7.1	12.5±10.6
Lactose	ns	0.09±0.03	0.10±0.03	***	0.05±0.01 ^a	0.07±0.02 ^b	ns	0.04±0.02	0.04±0.02
Maltose	ns	1.24±0.61	1.05±1.05	ns	0.18±0.27	0.21±0.25	ns	0.23±0.14	0.18±0.16
Raffinose	***	0.20±0.05 ^a	0.37±0.16 ^b	**	0.06±0.04 ^a	0.10±0.03 ^b	*	0.06±0.02 ^b	0.05±0.02 ^a
Sucrose	***	6.53±1.84 ^a	9.98±2.67 ^b	**	17.8±2.2 ^a	21.2±3.6 ^b	ns	25.1±3.5	24.2±6.2
Trehalose	***	0.17±0.02 ^a	0.22±0.03 ^b	***	0.27±0.04 ^a	0.43±0.12 ^b	ns	0.49±0.07	0.43±0.10
Sugar alcohols									
Glycerol	ns	1.27±0.36	1.13±0.73	*	0.24±0.09 ^a	0.44±0.41 ^a	ns	0.40±0.12	0.42±0.20
Inositol	***	1.75±0.20 ^a	2.25±0.34 ^b	***	0.86±0.15 ^a	1.23±0.26 ^b	ns	0.87±0.18	0.91±0.23
Mannitol	ns	0.03±0.03	0.03±0.01	ns	0.04±0.02	0.06±0.05	ns	0.09±0.06	0.12±0.10

Organic acids									
Citric acid	ns	0.012±0.002	0.014±0.004	ns	0.05±0.01	0.05±0.01	ns	0.09±0.03	0.08±0.03
Fumaric acid	ns	0.09±0.04	0.11±0.06	*	0.02±0.01 ^a	0.03±0.01 ^b	ns	0.03±0.01	0.03±0.01
Glyceric acid	ns	0.54±0.12	0.61±0.29	***	0.09±0.03 ^a	0.13±0.03 ^b	ns	0.07±0.02	0.07±0.03
Glycolic acid	ns	0.13±0.02	0.13±0.02	***	0.03±0.01 ^a	0.05±0.01 ^b	ns	0.04±0.01	0.04±0.01
Isocitric acid	ns	0.005±0.003	0.004±0.003	ns	0.06±0.02	0.07±0.04	ns	0.07±0.04	0.07±0.03
Lactic acid	ns	0.15±0.04	0.26±0.38	ns	0.04±0.02	0.07±0.05	ns	0.08±0.04	0.10±0.04
Malic acid	ns	1.06±0.36	1.02±0.26	ns	0.85±0.22	1.00±0.32	ns	1.64±0.45	1.76±0.50
Malonic acid	*	0.13±0.05 ^b	0.10±0.02 ^a	ns	0.03±0.01	0.04±0.01	ns	0.04±0.01	0.03±0.01
Oxalic acid	ns	0.91±0.21	1.02±0.20	***	0.08±0.02 ^a	0.11±0.04 ^b	ns	0.03±0.01	0.03±0.01
Salicylic acid	ns	0.23±0.05	0.26±0.05	***	0.06±0.02 ^a	0.10±0.02 ^b	ns	0.04±0.01	0.04±0.01
Shikimic acid	**	2.41±0.62 ^a	3.14±0.80 ^b	**	0.18±0.07 ^a	0.24±0.06 ^b	ns	0.06±0.01	0.05±0.01
Succinic acid	ns	1.16±0.46	1.11±0.23	*	0.31±0.11 ^a	0.40±0.11 ^b	ns	0.45±0.10	0.41±0.12
Threonic acid	ns	0.40±0.16	0.42±0.11	***	0.09±0.02 ^a	0.16±0.05 ^b	ns	0.16±0.03	0.16±0.06
Quinic acid	ns	1.77±0.50	2.07±0.62	**	0.06±0.03 ^a	0.09±0.02 ^b	ns	0.02±0.00	0.02±0.01
Fatty acids									
Hexadecanoic acid	ns	0.10±0.03	0.10±0.07	ns	0.04±0.01	0.04±0.01	ns	0.06±0.02	0.05±0.01
Octadecanoic acid	ns	0.05±0.01	0.04±0.01	*	0.019±0.003 ^a	0.022±0.004 ^b	*	0.03±0.01 ^b	0.02±0.01 ^a
Steroids									

Campesterol	ns	0.02±0.02	0.01±0.01	ns	0.004±0.004	0.005±0.007	ns	0.01±0.01	0.01±0.01
Stigmasterol	ns	0.04±0.04	0.02±0.02	ns	0.02±0.01	0.01±0.01	ns	0.01±0.01	0.01±0.01
β-sitosterol	ns	0.04±0.04	0.02±0.02	ns	0.02±0.01	0.02±0.01	ns	0.02±0.02	0.03±0.02
<hr/>									
Others									
Adenosine	ns	0.12±0.06	0.13±0.11	*	0.004±0.007 ^a	0.009±0.005 ^b	ns	0.01±0.01	0.01±0.01
Uridine	ns	0.05±0.03	0.06±0.05	ns	0.004±0.004	0.006±0.005	ns	0.01±0.01	0.01±0.01
Aminoethanol	ns	0.38±0.08	0.34±0.14	***	0.38±0.10 ^a	0.64±0.12 ^b	ns	0.28±0.19	0.23±0.21
Phosphate	*	3.76±1.27 ^b	2.78±1.06 ^a	ns	0.80±0.41	1.10±0.53	ns	1.10±0.06	0.80±0.59

Relative content calculated based on peak area ratio of analyte to internal standard. Values are means (n=18) ± standard deviations. *P*-values were obtained from one-way ANOVA (ns, not significant; *, *P* <0.05; **, *P* <0.01; ***, *P* <0.001). Within a row, values followed by the same letter are not significantly different (Tukey's HSD test, *P* <0.05).