

## Respon dan Seleksi Tanaman Kentang Terhadap Kekeringan (*Response and Selection of Potato Plants to Drought*)

Tri Handayani, Kusmana dan Helmi Kurniawan

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391  
E-mail: trihandayani3@yahoo.com

Diterima: 7 Januari 2018; direvisi: 26 Maret 2018; disetujui: 11 Mei 2018

**ABSTRAK.** Kekeringan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kentang. Persilangan dengan tujuan toleran kekeringan telah dilakukan dan dilanjutkan dengan seleksi terbatas. Tujuan penelitian untuk mempelajari respon tanaman kentang terhadap kekeringan dan melakukan seleksi klon-klon hasil persilangan untuk sifat toleran kekeringan. Materi yang digunakan adalah 78 nomor hasil seleksi progeni kekeringan tahun 2015. Penelitian dilakukan dengan membandingkan antara tanaman pada kondisi kekeringan dan pengairan normal di dalam Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang, pada tahun 2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh terhadap karakter pertumbuhan dan hasil. Pada kondisi kekeringan, vigor tanaman menurun dan menunjukkan gejala layu, menguning, serta daun menggulung ke atas. Kekeringan juga menyebabkan penurunan pada diameter batang (41,4%), jumlah batang (6,63%), tinggi tanaman (22,43%), diameter kanopi (18,76%), luas daun (53,7%), jumlah ubi pertanaman (17,54%), berat ubi pertanaman (70,35%), panjang ubi (44,45%) serta diameter ubi (42,85%). Respon tanaman terhadap kekeringan yang lain ditunjukkan oleh peningkatan kadar prolin daun dan klorofil. Seleksi berdasarkan perubahan karakter morfologi, pertumbuhan vegetatif serta produksi ubi, diperoleh 26 genotipe yang berpotensi memiliki sifat toleran terhadap kekeringan. Genotipe terseleksi tersebut memiliki kisaran jumlah ubi per tanaman 1,67 – 12,25, berat ubi per tanaman 26,45 – 80,775 g, panjang ubi 2,05 – 3,4 cm serta diameter ubi 1,43 – 3,06 cm. Hasil dari seleksi kekeringan ini akan dilanjutkan ke seleksi di lapangan untuk mendapatkan klon unggul kentang toleran terhadap kekeringan. Ketersediaan klon kentang toleran kekeringan dapat menjawab ancaman menurunnya produksi kentang akibat perubahan iklim.

Kata kunci: *Solanum tuberosum* L.; Produksi ubi; Prolin; Toleran kekeringan

**ABSTRACT.** Drought is very influential towards the growth and production of the potato crop. A crossing to drought-tolerant genotypes was conducted and continued with a progeny selection. The aims of this study were to study the response of the potato plant to drought stress and to select potato clones resulted from conventional crossing for drought tolerant. The genetic materials tested were 78 progenies resulted from drought selection in 2015. The study was conducted by comparing plants in drought and normal irrigation conditions in the Greenhouse of the Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang, in 2016. Results showed that drought stress affected potato growth as well as tuber yield. On drought conditions, potato plants tend to be poor of plant vigor, showed wilting symptom, yellowing leaves and roll up of the leaves. Drought stress caused the decline of stem diameter of (41.4%), main stem number (6.63%), plant height (22.43%), canopy diameter (18.76%), leaf area (53.7%), per plant tuber number (17.54%), per plant tuber weight (70.35%), tuber length (44.45%) and tuber diameter (42.85%). Another response to drought was the increasing level of proline and chlorophyll in leaf. Based on morphological character changes, vegetative growth and tuber production, 26 genotypes demonstrated potential drought tolerance. The selected genotypes will be used to the next selection in the field to get stable drought-tolerant potato clones. The availability of drought-tolerant potato clones can respond to the threat of reduced potato production due to climate change.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; Tuber yield; Proline; Drought tolerant

Perubahan iklim menimbulkan berbagai dampak, antara lain curah hujan tinggi, kekeringan maupun suhu tinggi di beberapa wilayah yang sulit diprediksi (FAO 2016). Kekeringan merupakan salah satu ancaman serius dalam produksi tanaman termasuk kentang. Kondisi kekeringan akan berpengaruh pada semua fase pertumbuhan tanaman (Heuer & Nadler 1995; Lahlou, Ouattar & Ledent 2003; Schafleitner et al. 2009; Obidiegwu et al. 2015). Tanaman kentang termasuk tanaman yang sangat sensitif terhadap kekeringan (Obidiegwu et al. 2015). Respon tanaman kentang terhadap kekeringan berbeda-beda, tergantung intensitas kekeringan dan genotipe yang ditanam (Saravia et al. 2016), yang juga berkaitan dengan

respon morfologi, fisiologi, dan seluler/molekuler (Soltys-Kalina et al. 2016; Obidiegwu et al. 2015).

Untuk mengantisipasi dampak kekeringan pada tanaman kentang, Balai Penelitian Tanaman Sayuran telah berusaha mengintroduksi materi genetik yang teridentifikasi tahan/toleran terhadap kekeringan. Perbaikan karakter agronomi untuk genotipe yang tahan kekeringan dilakukan sejak tahun 2014 dengan melakukan persilangan (Sofiari 2015). Pada tahun 2015, populasi segregasi hasil hibridisasi dalam bentuk *true potato seeds* (TPS) diuji dengan tekanan seleksi pada cekaman air. Seleksi progeni tersebut menghasilkan 60 genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan (Sofiari 2016). Ke-enam puluh

genotipe tersebut selanjutnya bersama dengan 18 klon lainnya diseleksi kembali pada tahun 2016.

Sifat toleran terhadap cekaman kekeringan pada tanaman kentang merupakan sifat yang sangat kompleks (Anithakumari *et al.* 2012), dan melibatkan sekurang-kurangnya 2.000 ekspresi gen yang berbeda-beda (Watkinson *et al.* 2006). Informasi mengenai respon tanaman terhadap kekeringan diperlukan dalam upaya mengidentifikasi sifat-sifat toleran tanaman terhadap cekaman kekeringan dan mendukung upaya perakitan varietas toleran kekeringan (Evers *et al.* 2010). Selain itu, beberapa karakter sekunder juga dapat digunakan untuk membantu kegiatan seleksi tanaman toleran kekeringan (Guan *et al.* 2010; Souza *et al.* 2014; Bennani *et al.* 2016; Muthoni & Kabira 2016). Beberapa penelitian mengenai respon tanaman kentang terhadap cekaman kekeringan dilakukan di dalam rumah kaca dengan menggunakan tanaman di dalam pot. Perlakuan kekeringan umumnya dilakukan dengan mengurangi volume irigasi sampai 50% dari kontrol (Lahlou, Ouattar & Ledent 2003) atau bahkan menghentikan irigasi pada umur tertentu dan dilakukan pemberian air kembali setelah periode tertentu (van Muijen *et al.* 2016; Vasquez-robinet *et al.* 2008). Penghentian irigasi dilakukan pada fase inisiasi ubi, fase yang sensitif terhadap kekurangan air, dan mengakibatkan penghambatan terbentuknya ubi (Obidiegwu *et al.* 2015).

Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi respon tanaman kentang terhadap kekeringan dan menyeleksi klon-klon hasil silangan toleran kekeringan. Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah dihasilkan satu atau lebih genotipe kentang yang tahan atau toleran terhadap kekeringan.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di dalam Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang, pada tahun 2016. Bahan seleksi yang digunakan adalah hasil seleksi *tuber family* yang dilakukan pada tahun 2015 sebanyak 58 genotipe (nomor lapang 21 – 78) (Sofiari 2016), serta klon unggul koleksi Balitsa (nomor lapang 1 – 20), total 78 genotipe (Tabel 1). Penanaman tidak menggunakan rancangan percobaan dan ulangan, karena jumlah ubi materi tanam masih terbatas. Penanaman menggunakan *polybag* yang berisi media campuran tanah dan pupuk kandang (1 : 1). Masing-masing genotipe ditanam lima tanaman untuk tiap kondisi tumbuh (kekeringan dan optimal).

Semua tanaman mendapatkan penyiraman rutin setiap 2 hari sampai tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST), di mana tanaman telah tumbuh seragam dan mulai berubi. Kemudian untuk kondisi kekeringan, penyiraman tanaman dihentikan saat umur 30 HST selama 30 hari, dan penyiraman kembali dilakukan pada umur 60 HST, sampai kadar air tanah mencapai kapasitas lapang (21%) (Sofiari 2016). Sementara untuk kondisi optimal, penyiraman tetap dilakukan secara rutin sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Pemeliharaan dan proteksi tanaman dilakukan secara optimal. Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) hama dan penyakit penting dilakukan sesuai insiden yang terjadi.

### Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dilakukan terhadap:

1. Vigor tanaman, pada skala 1 – 9. Vigor tertinggi = 9 dan vigor terendah = 1 (Tabel 2). Pengamatan dilakukan pada umur 45 – 50 HST (De Haan *et al.* 2014).
2. Gejala kekeringan yang muncul, diamati pada umur 60 HST sampai menjelang panen (90 HST). Gejala kekeringan yang diamati meliputi daun layu, menguning, mengering, dan menggulung ke atas.
3. Kelayuan pada tanaman sebelum dan sesudah dilakukan penyiraman (60 HST). Pengamatan dilakukan pada siang hari (6 jam setelah penyiraman atau sekitar jam 13.00), di mana pada waktu tersebut aktivitas fisiologis tanaman kembali meningkat dari sebelumnya yang mengalami penurunan akibat cekaman kekeringan (Upchurch, Peterson & Hagan 1955).
4. Pengukuran morfologi tanaman dilakukan pada tiga tanaman per genotipe, pada umur tanaman 50 HST, meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah batang, diameter kanopi daun, dan luas daun.
5. Analisis kandungan prolin (Bates 1973). Sampel daun dihaluskan dengan 3% asam sulfosalisilat dan disaring dengan kertas filter Whatman #2. Kemudian filtrat direaksikan dengan asam-ninhidrin dan glasial asam asetat pada suhu 100°C. Setelah 1 jam, diekstraksi dengan toluene sampai terbentuk dua fase. Fase atas (kromofor) diambil dan diukur absorbannya pada 520 nm. Selanjutnya konsentrasi prolin dihitung menggunakan kurva standar. Sementara untuk kandungan klorofil dianalisis berdasarkan Arnon (1949). Klorofil dari sampel daun diekstrak menggunakan 80% aseton, kemudian diukur absorbannya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm.

**Tabel 1. Materi genetik kentang yang digunakan pada penelitian (*Potato genetic materials used in this study*)**

No	Genotipe ( <i>Genotype</i> )	Pedigree	No	Genotipe ( <i>Genotype</i> )	Pedigree
1	18.1	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	41	14.04.08	DT 5.13 x Atlantik
2	16.1	CIP 397079.6 x CIP 300055.32	42	14.04.09	DT 5.13 x Atlantik
3	19.11	CIP 395434.1 x CIP 397079.6	43	14.04.13	DT 5.13 x Atlantik
4	15.22	Atlantik x CIP 388615.22	44	14.04.19	DT 5.13 x Atlantik
5	19.8	CIP 395434.1 x CIP 397079.6	45	14.04.22	DT 5.13 x Atlantik
6	15.29	Atlantik x CIP 388615.22	46	14.04.37	DT 5.13 x Atlantik
7	18.3	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	47	14.04.38	DT 5.13 x Atlantik
8	18.5	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	48	14.04.39	DT 5.13 x Atlantik
9	14.3	CIP 388615.22 X CIP 391402.5	49	14.04.40	DT 5.13 x Atlantik
10	18.7	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	50	14.04.41	DT 5.13 x Atlantik
11	16.11	CIP 397076.6 x CIP 300055.32	51	14.04.48	DT 5.13 x Atlantik
12	18.4	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	52	14.05.17	AKRb 134 x DT 7.A
13	13.9	CIP 388615.22 x CIP 395192.1	53	14.05.37	AKRb 134 x DT 7.A
14	15.33	Atlantik x CIP 388615.22	54	14.05.42	AKRb 134 x DT 7.A
15	18.9	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	55	14.06.01	CIP 394613.139 x DT 7.A
16	18.21	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	56	14.06.02	CIP 394613.139 x DT 7.A
17	20.2	CIP 388615.22 x CIP 397079.6	57	14.06.17	CIP 394613.139 x DT 7.A
18	18.19	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	58	14.06.23	CIP 394613.139 x DT 7.A
19	20.7	CIP 388615.22 x CIP 397079.6	59	14.06.34	CIP 394613.139 x DT 7.A
20	18.A	CIP 397079.6 x CIP 391402.5	60	14.06.40	CIP 394613.139 x DT 7.A
21	14.01.04	DT 2.13 x AKRb 134	61	14.06.43	CIP 394613.139 x DT 7.A
22	14.01.19	DT 2.13 x AKRb 134	62	14.06.47	CIP 394613.139 x DT 7.A
23	14.01.22	DT 2.13 x AKRb 134	63	14.07.01	DT 2.13 x Atlantik
24	14.01.27	DT 2.13 x AKRb 134	64	14.07.08	DT 2.13 x Atlantik
25	14.01.31	DT 2.13 x AKRb 134	65	14.07.11	DT 2.13 x Atlantik
26	14.01.32	DT 2.13 x AKRb 134	66	14.07.18	DT 2.13 x Atlantik
27	14.01.33	DT 2.13 x AKRb 134	67	14.07.19	DT 2.13 x Atlantik
28	14.01.40	DT 2.13 x AKRb 134	68	14.07.31	DT 2.13 x Atlantik
29	14.01.41	DT 2.13 x AKRb 134	69	14.08.01	CIP 394613.139 x DT 2.7
30	14.01.49	DT 2.13 x AKRb 134	70	14.09.06	Atlantik x HT 3.11
31	14.02.15	DT 2.13 x AKRb 204	71	14.09.09	Atlantik x HT 3.11
32	14.02.19	DT 2.13 x AKRb 204	72	14.10.01	HT 3.11 x AKRb 134
33	14.02.21	DT 2.13 x AKRb 204	73	14.11.41	HT 3.11 x Atlantik
34	14.02.27	DT 2.13 x AKRb 204	74	14.12.01	DT 3.11 x Atlantik
35	14.02.28	DT 2.13 x AKRb 204	75	14.12.21	DT 3.11 x Atlantik
36	14.02.39	DT 2.13 x AKRb 204	76	14.13.08	DT 5.13 x GKRb 204
37	14.03.02	HT 2.13 x Atlantik	77	14.13.24	DT 5.13 x GKRb 204
38	14.03.05	HT 2.13 x Atlantik	78	14.13.42	DT 5.13 x GKRb 204
39	14.03.43	HT 2.13 x Atlantik			
40	14.03.48	HT 2.13 x Atlantik			

**Tabel 2. Skala pengamatan vigor tanaman (*Scale of plant vigor*)**

Skala ( <i>Scale</i> )	Keterangan ( <i>State</i> )	Deskripsi ( <i>Description</i> )
1	Sangat lemah ( <i>Very weak</i> )	Semua tanaman berukuran pendek (<20 cm), daun sedikit, tanaman lemah, batang sangat kecil dan/atau berwarna hijau terang
3	Lemah ( <i>Weak</i> )	75% tanaman berukuran pendek (<20 cm) atau semua tanaman berukuran antara 20 dan 30 cm, daun sedikit, batang kecil dan/atau berwarna hijau terang
5	Sedang ( <i>Medium</i> )	Sedang atau normal
7	Vigor ( <i>Vigorous</i> )	75% tanaman berukuran lebih dari 50 cm. Tanaman kuat dengan daun berwarna hijau gelap, batang besar/tebal dan daun berkembang baik
9	Sangat vigor ( <i>Very vigorous</i> )	Semua tanaman berukuran lebih dari 70 cm dan penutupan permukaan tanah penuh. Tanaman kuat dengan batang besar/tebal dan daun banyak berwarna hijau gelap

- Komponen hasil ubi: jumlah, bobot, dan ukuran ubi per tanaman.
- Karakteristik ubi: bentuk ubi, kedalaman mata ubi, kehalusan kulit ubi, warna kulit ubi, dan warna daging ubi.

#### Analisis Data

Data kuantitatif yang meliputi pertumbuhan vegetatif (diameter batang, jumlah batang, tinggi tanaman, diameter kanopi, luas daun), klorofil a, klorofil b, total klorofil, prolin, dan komponen hasil (jumlah ubi per tanaman, berat ubi per tanaman, panjang ubi, dan diameter ubi), dianalisis deskriptif (rata-rata, nilai maksimal dan nilai minimal). Selanjutnya dilakukan analisis korelasi sederhana Pearson antar data kuantitatif tersebut menggunakan software Asistat version 7.7 (Silva & Azevedo 2016). Penurunan komponen pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil ubi pada kondisi kekeringan terhadap kondisi optimum dihitung dengan rumus:

$$\frac{(\bar{x}_c - \bar{x}_t) \times \bar{x}_c}{\bar{x}_c} \times 100\%$$

$\bar{x}_c$  = Rata-rata pada kondisi optimum

$\bar{x}_t$  = Rata-rata pada kondisi kekeringan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

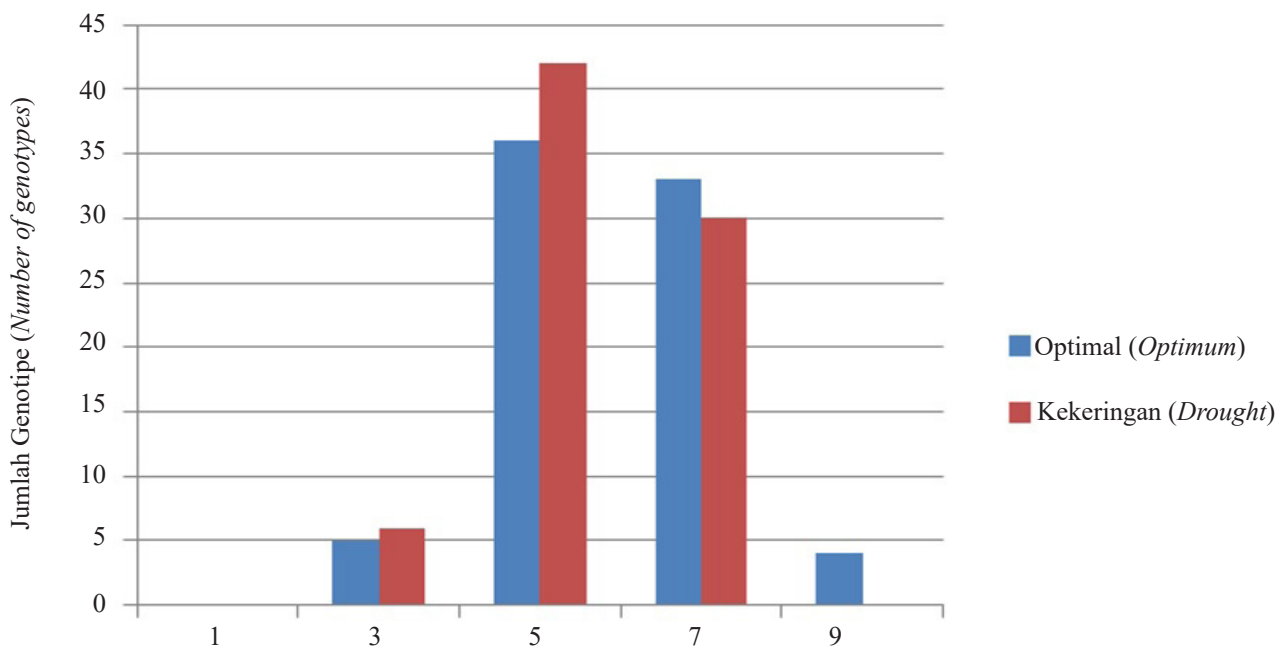
### Pengaruh Kekeringan Terhadap Vigor dan Pertumbuhan Vegetatif Tanaman

Pertumbuhan tanaman kentang relatif seragam, baik pada kondisi kekeringan maupun optimum. Pengamatan terhadap vigor tanaman memperlihatkan perbedaan antara tanaman pada kondisi tercekam dan kondisi normal. Pada kondisi kekeringan, vigor tanaman berkisar antara 3 – 7, sementara pada kondisi optimal berkisar antara 3 – 9 (Gambar 1). Terdapat 29

genotipe yang mengalami penurunan vigor tanaman dari kondisi optimal ke kondisi kekeringan. Tiga puluh genotipe yang memiliki vigor baik (skala 7) pada kondisi kekeringan antara lain nomor 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 28, 34, 37, 41, 42, 43, 46, 49, 51, 54, 55, 57, 62, dan 64. Vigor tanaman ditentukan oleh karakter pertumbuhan vegetatif, yakni tinggi tanaman, diameter batang, ukuran kanopi, dan ukuran daun. Vigor yang bagus dapat membantu tanaman menghadapi kekeringan, karena memiliki kemampuan menyimpan air dengan baik (Tuberosa 2012).

Selain vigor, tanaman dengan kondisi tercekam kekeringan juga mengalami penurunan pertumbuhan vegetatif dari kondisi normal (Tabel 3). Penurunan terbesar terjadi pada luas daun, mencapai 53,7 %. Pengurangan luas daun merupakan salah satu mekanisme tanaman dalam menghadapi kekurangan air, untuk mengurangi penguapan yang terjadi. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan penurunan tinggi tanaman dan pengurangan ukuran daun (Deblonde & Ledent 2001; Heuer & Nadler 1995). Selanjutnya Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016) menambahkan bahwa luas daun menjadi salah satu parameter penting yang terpengaruh oleh cekaman abiotik (suhu tinggi, kekeringan, suhu dingin, kekurangan nutrisi, dan radiasi tinggi), umumnya luas daun cenderung berkurang.

Secara morfologi, semua genotipe yang diberi perlakuan kekeringan memperlihatkan gejala kekurangan air. Gejala tersebut antara lain tanaman layu, ukuran daun kecil, tipe tumbuh menjadi lebih tegak, daun menggulung dan menguning, serta tanaman mengering (Gambar 2). Masing-masing genotipe memperlihatkan gejala yang berbeda. Anithakumari *et al.* (2012) juga menyebutkan bahwa respon terhadap kekeringan tidak sama antargenotipe



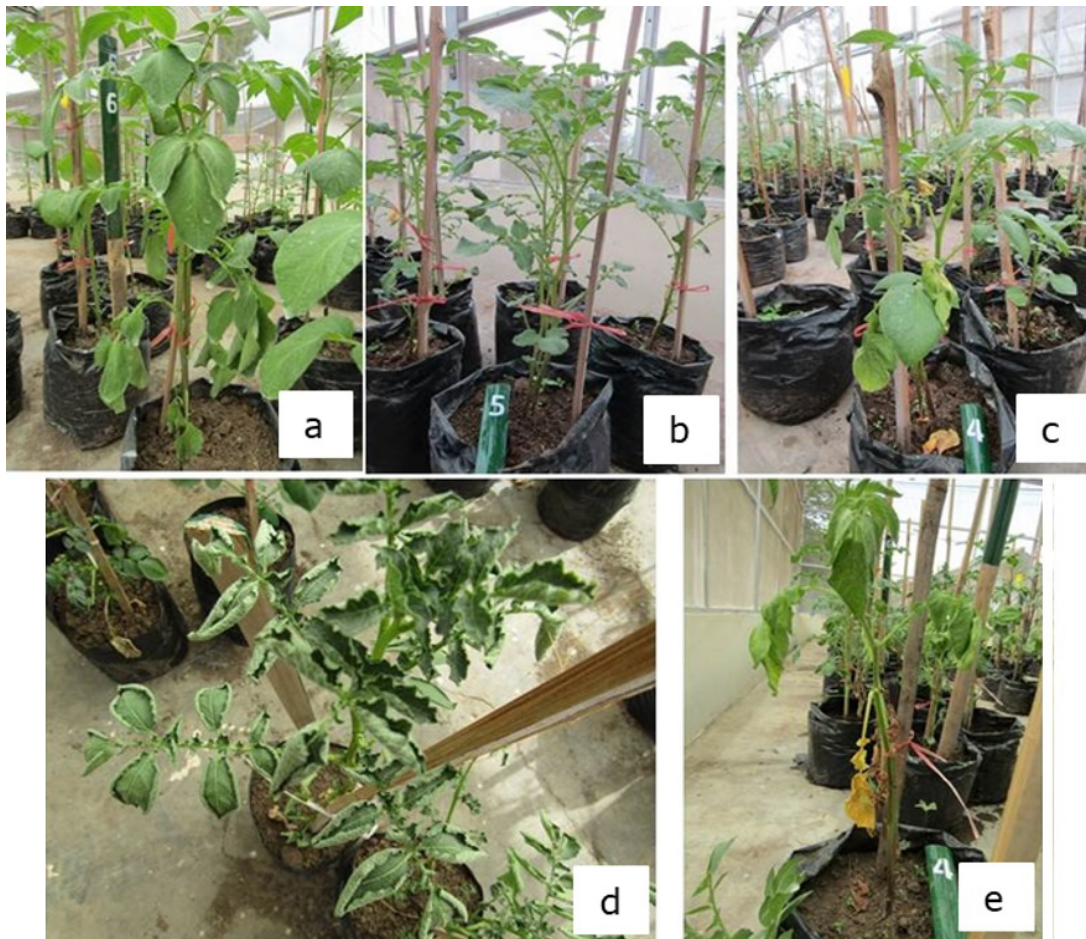
**Gambar 1.** Jumlah tanaman berdasarkan penampilan vigor tanaman pada kondisi tercekam kekeringan dan optimum (9 = tanaman sangat vigor, 1= vigor tanaman sangat buruk) (*Number of plants based on appearance of vigor on drought and optimum condition*) (9=plant vigorous, 1=very poor vigor)

**Tabel 3.** Penurunan pertumbuhan vegetatif tanaman kentang pada kondisi kekeringan dibandingkan kondisi optimum (*Reduction of potato vegetative growth grown under drought compared to optimum conditions*)

Karakter ( <i>Characters</i> )	Rata-rata umum ( <i>General average</i> )		Penurunan ( <i>Reduction</i> ) %
	Optimum ( <i>Optimum</i> )	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	
Diameter batang ( <i>Stem diameter</i> ) (cm)	9,5	5,57	41,4
Jumlah batang ( <i>Stem number</i> )	1,63	1,52	6,63
Tinggi tanaman ( <i>Plant height</i> ) (cm)	52,49	40,72	22,43
Diameter kanopi ( <i>Canopy diameter</i> ) (cm)	32,98	26,79	18,76
Luas daun ( <i>Leaves area</i> ) (cm <sup>2</sup> )	742,53	343,79	53,7

kentang. Kelayuan yang terjadi juga berbeda intensitasnya antargenotipe. Sebanyak 16 genotipe mulai terlihat layu pada umur 40 HST, atau 1 bulan setelah penyiraman dihentikan, dengan tingkat kelayuan sampai dengan 10%. Pada 47 HST genotipe yang memperlihatkan kelayuan mencapai 44% dari total 78 genotipe yang diuji. Kadar air (*gravimetric*) pada saat itu rata-rata 18%. Beberapa genotipe terlihat segar maupun agak layu (kurang dari 10%) pada umur 61 HST, antara lain genotipe nomor 5, 10, 11, 13, 15, 18, 20, 24, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 44, 47, 48, 49, 54, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 68, 70, 71, 76, 77, dan 78. Pada umur 70 HST kadar air tanah hanya mencapai 12%, bahkan ada beberapa yang mencapai

*wilting point* (8%). Kemudian dilakukan penyiraman pada masing-masing *polybag*, sampai kapasitas lapang. Penyiraman dilakukan pagi dan siang hari (pukul 13.00) dilakukan pengamatan kepulihan dari kelayuan. Hasil dari penyiraman tersebut hanya lima genotipe yang tidak pulih dari kelayuan, yakni 7, 15, 17, 71, dan 73. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelayuan pada sebagian besar genotipe hanya bersifat sementara sehingga setelah mendapatkan pengairan tanaman dapat pulih kembali. Menurut Tuberosa (2012) bahwa beberapa karakter morfologi tanaman berhubungan dengan toleransi terhadap kekeringan, seperti vigor, kanopi, kandungan klorofil, dan tanaman tidak mudah menguning.



**Gambar 2.** Gejala kekeringan pada genotipe tanaman kentang: (a) layu, (b) ukuran daun mengecil, (c) daun menguning, (d) daun menggulung ke atas, dan (e) layu dan daun menguning [*Drought symptoms on potato genotype: (a) wilting, (b) leaf size shrinking, (c) yellowing, (d) leaves rolling up, and (e) wilting and yellowing*]

**Tabel 4.** Kandungan prolin dan klorofil pada kondisi kekeringan dan kondisi pengairan optimal (*Prolin and chlorofil contents based on drought and optimum condition*)

	Prolin ( $\mu\text{M/gFW}$ )		Klorofil ( <i>chlorofil</i> ) a (mg/gFW)		Klorofil ( <i>chlorofil</i> ) b (mg/gFW)		Klorofil total ( <i>Total chlorofil</i> ) (mg/gFW)	
	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	Optimal ( <i>Optimum</i> )	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	Optimal ( <i>Optimum</i> )	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	Optimal ( <i>Optimum</i> )	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	Optimal ( <i>Optimum</i> )
Rata-rata	0,294	0,086	0,122	0,117	0,043	0,038	0,166	0,156
Maksimal	0,527	0,462	0,173	0,202	0,174	0,074	0,272	0,279
Minimal	0,002	0,001	0,076	0,059	0,028	0,017	0,105	0,079

**Tabel 5.** Penurunan komponen hasil tanaman kentang pada kondisi optimum dan kekeringan (*Reduction of potato yield components grown at optimum and drought conditions*)

Karakter (Characters)	Rata-rata umum ( <i>Total average</i> )		Penurunan ( <i>Reduction</i> ), %
	Optimum ( <i>Optimum</i> )	Kekeringan ( <i>Drought</i> )	
Jumlah ubi per tanaman ( <i>Tuber number /plant</i> )	6,42	3,9	39,25
Berat ubi per tanaman ( <i>Tuber weight/plant</i> ) (g)	262,82	29,74	88,68
Panjang ubi ( <i>Tuber length</i> ) (cm)	4,24	2,27	46,46
Diameter ubi ( <i>Tuber diameter</i> ) (cm)	3,71	2,05	44,74

Tabel 6. Analisis korelasi sederhana antarkarakter (Simple correlation analysis among the characters)

Karakter (Characters)	Diameter batang (Stem diameter)	Jumlah batang (Stem number)	Tinggi tanaman (Plant height)	Diameter kanopi (Canopy diameter)	Luas daun (Leaf area)	Klorofil (Chlorofil) a	Klorofil (Chlorofil) b	Klorofil (Total chlorofil) total	Prolin (Tubers number)	Jumlah ubi (Tubers number)	Berat ubi (Tuber weight)	Panjang ubi (Tuber length)	Diameter ubi (Tuber diameter)
Diameter batang (Stem diameter)	1	-0,0932	0,1881	0,4165**	0,4972**	-0,1184	-0,0759	-0,0912	-0,1996	-0,1959	0,0754	0,0982	0,0908
Jumlah batang (Stem number)		1	-0,1206	0,0883	0,0239	-0,0473	-0,118	-0,0956	0,1171	0,4839**	0,3052**	0,0225	-0,0487
Tinggi tanaman (Plant height)			1	0,2888*	0,136	0,2839*	0,2171	0,3436**	0,1693	-0,093	-0,0624	-0,0142	0,0615
Diameter kanopi (Canopy diameter)				1	0,5296**	-0,07	0,0982	0,0436	-0,1068	0,0444	0,1621	0,0632	0,0709
Luas daun (Leaf area)					1	-0,0653	0,1784	0,0948	-0,0832	0,0949	0,2586*	0,0441	0,0394
Klorofil (Chlorofil) a						1	0,2306*	0,7864**	-0,0248	-0,0248	-0,1012	0,0605	0,0833
Klorofil (Chlorofil) b							1	0,7269**	-0,0089	-0,0501	0,0305	0,0772	0,0417
Klorofil total								1	0,2187	-0,0532	-0,0363	0,0858	0,1095
Prolin									1	0,0273	-0,1937	-0,199	-0,208
Jumlah ubi (Tuber number)										1	0,3426**	-0,1605	-0,269
Berat ubi (Tuber weight)											1	0,5981**	0,5502**
Panjang ubi (Tuber length)												1	0,9046**
Diameter ubi (Tuber diameter)													1

\*\* nyata pada taraf kepercayaan 1% ( $P < 0,01$ ) dan \*5% ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) (significantly different at level 1% and 5%)

**Table 7. Genotipe kentang terpilih dan karakter kualitatifnya (*Selected potato genotypes and their qualitative characters*)**

No	No. lapangan (Field no)	Genotipe terpilih ( <i>Selected genotypes</i> )	Bentuk ubi ( <i>Tuber shape</i> )	Mata ubi ( <i>Depth of tuber eye</i> )	Warna kulit ubi ( <i>Tuber skin color</i> )	Warna daging ubi ( <i>Tuber flesh color</i> )
1	5	19.8	Oval	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-coklat ( <i>Beige brown</i> )	Kuning ( <i>Yellow</i> )
2	6	15.29	Oval	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Krem putih ( <i>Creamy white</i> )
3	9	14.3	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
4	18	18.19	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )	Kuning ( <i>yellow</i> )
5	21	14.01.04	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-coklat ( <i>Beige brown</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )
6	23	14.01.22	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
7	24	14.01.27	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
8	27	14.01.33	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
9	31	14.02.15	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem ( <i>Cream</i> )
10	34	14.02.27	Oval pendek ( <i>Short oval</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )
11	37	14.03.02	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem ( <i>Beige</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
12	43	14.04.13	Oval	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )
13	50	14.04.41	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )
14	51	14.04.48	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )
15	55	14.06.01	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
16	56	14.06.02	Oval	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Putih ( <i>White</i> )
17	58	14.06.23	Oval pendek ( <i>Short oval</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )	Kuning ( <i>Yellow</i> )
18	60	14.06.40	Oval	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )	Kuning ( <i>Yellow</i> )
19	61	14.06.43	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )	Krem-putih ( <i>Creamy white</i> )
20	62	14.06.47	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )	Kuning ( <i>Yellow</i> )
21	64	14.07.08	Bulat ( <i>Round</i> )	Dangkal ( <i>Shallow</i> )	Krem-cokelat ( <i>Beige brown</i> )	Krem-kuning ( <i>Creamy yellow</i> )



Lanjutan Tabel 7. ....

No	No. Lapangan (Field no)	Genotipe terpilih (Selected genotypes)	Bentuk ubi (Tuber shape)	Mata ubi (Depth of tuber eye)	Warna kulit ubi (Tuber skin color)	Warna daging ubi (Tuber flesh color)
22	67	14.07.19	Bulat (Round)	Dangkal (Shallow)	Krem-putih (Creamy white)	Putih (White)
23	74	14.12.01	Bulat (Round)	Dangkal (Shallow)	Krem-putih (Creamy white)	Putih (White)
24	75	14.12.21	Bulat (Round)	Dangkal (Shallow)	Krem-cokelat (Beige brown)	Krem-putih (Creamy white)
25	77	14.13.24	Bulat (Round)	Sedang (Medium)	krem-kuning (Creamy yellow)	Kuning (Yellow)
26	78	14.13.42	Bulat (Round)	Dangkal (Shallow)	Krem-cokelat (Beige brown)	Krem-kuning (Creamy yellow)

### Pengaruh Kekeringan Terhadap Kandungan Prolin dan Klorofil Pada Daun

Kandungan prolin juga sangat dipengaruhi oleh cekaman kekeringan. Umumnya, kondisi kekurangan air akan meningkatkan produksi dan akumulasi prolin (Schafleitner *et al.* 2007; Chutia & Borah 2012; Bundig *et al.* 2017). Hal tersebut juga terjadi pada penelitian ini, di mana rata-rata kandungan prolin pada kondisi kekeringan mencapai 0,294  $\mu\text{M/gFW}$ , sementara pada kondisi normal hanya 0,086  $\mu\text{M/gFW}$  (Tabel 4), atau terjadi kenaikan 70,6% pada kondisi kekeringan dibandingkan kondisi optimal. Pada kondisi kekeringan, genotipe dengan nomor 61 memiliki kandungan prolin tertinggi (0,527  $\mu\text{M/gFW}$ ), sementara nomor 57 memiliki kandungan prolin terendah (0,002  $\mu\text{M/gFW}$ ). Meskipun demikian, tingginya kandungan prolin tidak dapat dijadikan sebagai penanda biokimia tunggal dalam menentukan toleransi terhadap kekeringan, karena fenomena tersebut lebih sebagai respon tanaman terhadap kondisi stress (Schafleitner *et al.* 2007; Wang *et al.* 2017; Bundig *et al.* 2017).

Kandungan klorofil, baik klorofil a, klorofil b maupun klorofil total, pada kondisi kekeringan mengalami kenaikan dibanding kondisi optimal (berturut-turut sebesar 4,65%, 14,49%, dan 6,4%) (Tabel 4). Hasil ini sejalan dengan penelitian Teixeira & Pereira (2007) yang juga melaporkan peningkatan kandungan klorofil pada kondisi kekeringan mencapai 5,6%. Pada penelitian ini, genotipe nomor 75 memiliki kandungan total klorofil tertinggi pada kondisi kekeringan, yakni 0,272  $\mu\text{M/gFW}$ , sementara nomor 70 memiliki kandungan total klorofil terendah, sebesar 0,105  $\mu\text{M/gFW}$ .

### Pengaruh Kekeringan Terhadap Komponen Hasil

Tanaman kentang merupakan tanaman yang sangat sensitif terhadap kekeringan. Selain ditunjukkan oleh perubahan morfologi tanaman, pengaruh yang sangat kuat terlihat pada produksi umbi. Semua parameter hasil ubi menunjukkan penurunan pada penelitian ini (Tabel 5). Penurunan terbesar terjadi pada berat ubi per tanaman, mencapai 88,68%. Ukuran ubi juga sangat terpengaruh oleh kekeringan. Lahlou, Ouattar & Ledent (2003) melaporkan penurunan hasil ubi akibat kekeringan mencapai 53%. Dalam hal produksi ubi, adaptasi tanaman kentang terhadap cekaman kekeringan dilakukan melalui beberapa cara, yakni meningkatkan transportasi asimilat ke umbi, memperbesar ukuran ubi atau memproduksi ubi dalam jumlah banyak (Deblonde & Ledent 2001). Kemampuan tanaman untuk mengatur hasil ubi pada kondisi kekeringan merupakan sifat penting yang diperlukan saat tanaman kentang berada pada kondisi kekeringan (Shi *et al.* 2015; Obidiegwu *et al.* 2015).

### Korelasi Antar Karakter Kuantitatif Pada Kondisi Kekeringan

Beberapa karakter kuantitatif pada kondisi kekeringan dianalisis korelasi sederhana untuk melihat arah dan keeratan hubungan antarkarakter. Hasil analisis korelasi ditampilkan pada Tabel 6. Dari hasil analisis tersebut, jumlah ubi hanya berkorelasi dengan jumlah batang dan panjang ubi, sedangkan berat ubi berkorelasi positif dengan jumlah batang, luas daun, jumlah ubi, panjang ubi, dan diameter ubi. Dalam hal ini tidak ditemukan adanya korelasi kandungan klorofil dan prolin dengan hasil ubi. Ini mengindikasikan bahwa klorofil dan prolin kurang berperan dalam produksi ubi,

melainkan pada toleransi tanaman terhadap kekeringan selama pertumbuhan vegetatif. Menurut Okogbenin *et al.* (2013) mensyaratkan karakter fenotipik yang memperlihatkan toleransi terhadap kekeringan harus memiliki keeratn hubungan dengan hasil pada kondisi stres, heritabilitas tinggi, variasi genetik yang tinggi, serta mudah diukur, stabil antar waktu dan tidak berhubungan dengan hasil akhir pada kondisi optimum.

### Genotipe Terpilih dengan Potensi Toleran Terhadap Kekeringan

Berdasarkan parameter yang diamati, antara lain vigor, kelayuan, kandungan klorofil daun, kandungan prolin daun, serta hasil ubi maka diperoleh 26 genotipe yang memiliki kriteria toleran kekeringan (Tabel 7). Kemampuan tanaman bertahan hidup pada kondisi kekeringan yang ditunjukkan dengan vigor dan pertumbuhan bagus, harus disertai dengan kemampuan dalam mempertahankan produksinya (Krannich *et al.* 2015; Basu *et al.* 2016).

Dari 26 genotipe terseleksi, hanya terdapat tiga bentuk ubi, yaitu bulat sebanyak 18 genotipe (69,2%), oval enam genotipe (23,1%), dan oval memendek dua genotipe atau 7,7% (Tabel 7). Berdasarkan panduan UPOV (2004), bentuk ubi kentang terbagi dalam enam kategori, yaitu bulat, oval memendek, oval, oval memanjang, panjang, dan sangat panjang. Bentuk ubi berkaitan erat dengan preferensi konsumen dimana bentuk bulat, oval memendek, dan oval disukai konsumen kentang sayur dan konsumen olahan keripik. Sementara ubi dengan bentuk panjang dan sangat panjang cocok digunakan sebagai bahan baku industri *french fries*.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Cekaman kekeringan berpengaruh terhadap semua karakter pertumbuhan maupun hasil tanaman kentang. Pada kondisi kekeringan, vigor tanaman menurun dan tanaman menunjukkan gejala layu, menguning, serta daun menggulung ke atas.

Pada kondisi kekeringan terjadi penurunan diameter batang 41,4%, jumlah batang 6,63%, tinggi tanaman 22,43%, diameter kanopi 18,76%, luas daun 53,7%, jumlah ubi pertanaman 17,54%, berat ubi pertanaman 70,35%, panjang ubi 44,45% serta diameter ubi 42,85%. Respon tanaman terhadap kekeringan yang lain ditunjukkan oleh peningkatan kadar prolin daun sebesar 786,49%, klorofil a 4,27%, klorofil b 13,16%, serta klorofil total 6,42%.

Dari hasil penelitian diperoleh 26 genotipe yang berpotensi memiliki sifat toleran terhadap kekeringan. Genotip terseleksi tersebut memiliki vigor dan

pertumbuhan vegetatif yang bagus, baik pada kondisi optimal maupun kekeringan serta memiliki penurunan komponen hasil ubi yang kecil pada kondisi kekeringan relatif terhadap kondisi optimal.

Pengujian di lapangan perlu dilakukan pada kondisi irigasi optimal dan kondisi kekeringan beberapa musim untuk mendapatkan klon unggul toleran terhadap kekeringan yang stabil.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai DIPA Balitsa 2016. Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada Dr. Eri Sofiari yang telah menyediakan materi pemuliaan dan saudara Usep Jaenudin yang telah membantu pengamatan di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Anithakumari, AM, Nataraja, KN, Visser, RGF & van der Linden, CG 2012, 'Genetic dissection of drought tolerance and recovery potential by quantitative trait locus mapping of a diploid potato population', *Molecular Breeding*, vol. 30, no. 3, pp. 1413–1429.
2. Arnon, DI 1949, 'Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in beta *Vulgaris*', *Plant Physiology*, vol. 24, no. 1, pp. 1–15.
3. Basu, S, Ramegowda, V, Kumar, A & Pereira, A 2016, 'Plant adaptation to drought stress [ version 1 ; referees : 3 approved ]', *F1000Research*, vol. 5, (F1000 Faculty Revs: 1554 (doi: 10.12688/flow.research.7678.1).
4. Bates, LS 1973, 'Rapid determination of free proline for water - stress studies', *Plant and Soil*, vol. 39, pp. 205–207.
5. Bennani, S, Nsarellah, N, Birouk, A, Ouabbou, H & Tadesse, W 2016, 'Effective selection criteria for screening drought tolerant and high yielding bread wheat genotypes', *Universal Journal of Agricultural Research*, vol. 4, no. 4, pp. 134–142.
6. Bundig, C, Vu, TH, Meise, P, Seddig, S, Schum, A & Winkelmann, T 2017, 'Variability in osmotic stress tolerance of starch potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) as revealed by an in vitro screening : role of proline, osmotic adjustment and drought response in pot trials', *J Agro Crop Sci*, vol. 203, no. 3, pp. 206–218.
7. Chutia, J & Borah, SP 2012, 'Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of assam, India II. Protein and proline status in seedlings under PEG induced water stress', *American Journal of Plant Sciences*, vol. 3, no. 7, pp. 971–980.
8. Deblonde, PMK & Ledent, JF 2001, 'Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars', *European Journal of Agronomy*, vol. 14, pp. 31–41.

9. De Haan, S, Forbes, A, Amoros, W, Gastelo, M, Salas, E, Hualla, V, de Mendiburu, F & Bonierbale, M 2014, *Procedure for standard evaluation and data management of advanced potato clones. Module 2: healthy tuber yield trials*, International Potato Center, Lima, Peru.
10. Evers, D, Lefevre, I, Legay, S, Lamoureux, D, Hausman, J-F, Rosales, ROG, Marca, LRT, Hoffmann, L, Bonierbale, M & Schafleitner, R 2010, 'Identification of drought-responsive compounds in potato through a combined transcriptomic and targeted metabolite approach', *Journal of Experimental Botany*, vol. 61, no. 9, pp. 2327–2343.
11. FAO 2016, *Climate change and food security*, <<http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>>.
12. Guan, YS, Serraj, R, Liu, SH, Xu, JL, Ali, J, Wang, WS, Venus, E, Zhu, LH & Li, ZK 2010, 'Simultaneously improving yield under drought stress and non-stress conditions: A case study of rice (*Oryza sativa* L.)', *Journal of Experimental Botany*, vol. 61, no. 15, pp. 4145–4156.
13. Heuer, B & Nadler, A 1995, 'Growth and development of potatoes under salinity and water deficit', *Aust. J. Agric. Res.*, vol. 46, pp. 1477–1486.
14. Krannich, CT, Maletzki, L, Kurowsky, C & Horn, R 2015, 'Network candidate genes in breeding for drought tolerant crops', *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 16, no. 7, pp. 16378–16400.
15. Lahlou, O, Ouattar, S & Ledent, J-F 2003, 'The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato', *Agronomie*, vol. 23, pp. 257–268.
16. Lahlou, O, Ouattar, S & Ledent, JF 2003, 'The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato', *Agronomie*, vol. 23, no. 3, pp. 257–268.
17. van Muijen, D, Anithakumari, AM, Maliepaard, C, Visser, RGF & van der Linden, CG 2016, 'Systems genetics reveals key genetic elements of drought induced gene regulation in diploid potato', *Plant Cell and Environment*, vol. 39, no. 9, pp. 1895–1908.
18. Muthoni, J & Kabira, JN 2016, 'Potato production under drought conditions: identification of adaptive traits', *International Journal of Horticulture*, vol. 2010, pp. 1–12.
19. Obidiegwu, JE, Bryan, GJ, Jones, HG & Prashar, A 2015, 'Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement', *Frontiers in Plant Science*, vol. 6, no. 542.
20. Okogbenin, E, Setter, TL, Ferguson, M, Mutegi, R, Ceballos, H, Olanmi, B & Fregene, M 2013, 'Phenotypic approaches to drought in cassava: review', *Frontiers in Physiology*, vol. 4, no. 93, pp. 1–15.
21. Pérez-Harguindeguy, N, Diaz, S, Garnier, E, Lavorel, S, Poorter, H, Jaureguiberry, P, Bret-Harte, MSS, Cornwell, WKK, Craine, JMM, Gurrich, DEE, Urcelay, C, Veneklaas, EJJ, Reich, PBB, Poorter, L, Wright, IJJ, Etc., Ray, P, Etc., Diaz, S, Lavorel, S, Poorter, H, Jaureguiberry, P, Bret-Harte, MSS, Cornwell, WKK, Craine, JMM, Gurrich, DEE, Urcelay, C, Veneklaas, EJJ, Reich, PBB, Poorter, L, Wright, IJJ, Ray, P, Enrico, L, Pausas, JG, Vos, AC de, Buchmann, N, Funes, G, Qué-tier, F, Hodgson, JG, Thompson, K, Morgan, HD, Steege, H ter, Heijden, MGA van der, Sack, L, Blonder, B, Poschlod, P, Vaieretti, M V., Conti, G, Staver, AC, Aquino, S & Cornelissen, JHC 2016, 'New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide', *Australian Journal of Botany*, vol. 61, no. 34, pp. 167–234.
22. Saravia, D, Farfán-Vignolo, ER, Gutiérrez, R, De Mendiburu, F, Schafleitner, R, Bonierbale, M & Khan, MA 2016, 'Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization', *American Journal of Potato Research*, vol. 93, no. 3, pp. 288–295.
23. Schafleitner, R, Gaudin, A, Rosales, ROG, Aliaga, CAA & Bonierbale, M 2007, 'Proline accumulation and real time PCR expression analysis of genes encoding enzymes of proline metabolism in relation to drought tolerance in Andean potato', *Acta Physiol Plant*, vol. 29, pp. 19–26.
24. Schafleitner, R, Gutierrez, R, Espino, R, Gaudin, A, Perez, J, Martinez, M, Dominiguez, A, Tincopa, L, Alvarado, C, Numberto, G & Bonierbale, M 2007, 'Field screening for variation of drought tolerance in *Solanum tuberosum* L. by agronomical, physiological and genetic analysis', *Potato Research*, vol. 50, pp. 71–85.
25. Schafleitner, R, Rosales, ROG, Legay, S, Evers, D & Bonierbale, M 2009, 'Drought stress tolerant traits on potato', *Proceeding of the 15th Triennial ISTRC Symposium, International Society for Tropical Root Crops*, Lima, Peru, pp. 1–5.
26. Shi, S, Fan, M, Iwama, K, Li, F, Zhang, Z & Jia, L 2015, 'Physiological basis of drought tolerance in potato grown under long-term water deficiency', *International Journal of Plant Production*, vol. 9, no. 2, pp. 305–320.
27. Silva, F de AS e & Azevedo, CAV de 2016, 'The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data', *African Journal of Agricultural Research*, vol. 11, no. 39, pp. 3733–3740.
28. Sofiari, E 2015, *Perakitan varietas unggul kentang tahan cekaman biotik dan abiotik*, Laporan RPTP 2014, Lembang.
29. Sofiari, E 2016, *Perakitan varietas unggul kentang tahan cekaman biotik dan abiotik*, Laporan RPTP 2015, Lembang.
30. Soltys-Kalina, D, Plich, J, Strzelczyk-Żyta, D, Śliwka, J & Marczewski, W 2016, 'The effect of drought stress on the leaf relative water content and tuber yield of a half-sib family of "Katahdin"-derived potato cultivars', *Breeding Science*, vol. 66, pp. 328–331.
31. Souza, AT de, Streck, NA, Heldwein, AB, Bisognin, DA, Winck, JEM, Rocha, TSM & Zainon, AJ 2014, 'Transpiration and leaf growth of potato clones in response to soil water deficit', *Scientia Agricola*, vol. 71, no. 2, pp. 96–104.
32. Teixeira, J & Pereira, S 2007, 'High salinity and drought act on an organ-dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation', *Environmental and Experimental Botany*, vol. 60, no. 1, pp. 121–126.
33. Tuberosa, R 2012, 'Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era', *Frontiers in Physiology*, vol. 3, article 347, doi: 10.3389/fphys.2012.00347.
34. Upchurch, RP, Peterson, ML & Hagan, RM 1955, 'Effects of soil-moisture content on the rate of photosynthesis and respiration in ladino clover (*Trifolium repens* L.)', *Plant Physiology*, vol. 30, no. 4, pp. 297–303.
35. UPOV 2004, *Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability*, Geneva, Switzerland.

36. Vasquez-robinet, C, Mane, SP, Ulanov, A V, Watkinson, JI, Stromberg, VK, Koeyer, D De, Schafleitner, R, Willmot, DB, Bonierbale, M, Bohnert, HJ & Grene, R 2008, 'Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes', *Journal of Experimental Botany*, vol. 59, no. 8, pp. 2109–2123.
37. Wang, L, Guo, Z, Zhang, Y, Wang, Y, Yang, G, Yang, L, Wang, R & Xie, Z 2017, 'Characterization of LhSorP5CS, a gene catalyzing proline synthesis in oriental hybrid lily Sorbonne: molecular modelling and expression analysis', *Botanical Studies*, vol. 58, no. 10, p. 8.
38. Watkinson, JI, Hendricks, L, Sioson, AA, Vasquez-Robinet, C, Stromberg, V, Heath, LS, Schuler, M, Bohnert, HJ, Bonierbale, M & Grene, R 2006, 'Accessions of *Solanum tuberosum* ssp. andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles', *Plant Science*, vol. 171, no. 6, pp. 745–758.