

ผลของการขาดน้ำที่ช่วงอายุต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณเบต้าแคโรทีน ในคะน้าฮ่องกง

Effects of water deficit at various growth stages on growth and β -carotene in Kailaan (*Brassica oleracea* var. alboglara)

ธียรรัตน์ ไตรรงค์กอบศิริ¹, ปุญญिता ตระกูลยั้งเจริญ^{1*} และ กุมุท สังขศิลา¹

Tiyarat Trairongkobsiri¹, Punyisa Trakoonyingcharoen^{1*} and Kumut Sangkhasila¹

บทคัดย่อ: การศึกษาการขาดน้ำในช่วงระยะเวลาต่างๆ มีผลต่อการสร้างต้านออกซิเดชันในพืชหลายชนิด แต่ยังไม่มีการศึกษาในคะน้าฮ่องกง ซึ่งเป็นพืชที่นิยมบริโภคจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงเน้นการศึกษาผลของการขาดน้ำในช่วงการเติบโตระยะต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และปริมาณเบต้าแคโรทีนในผักคะน้าฮ่องกง ที่ปลูกในดินบนของชุดดินกำแพงแสน (Typic Haplustalfs) โดยทดลองภายในโรงเรือนมุ้งตาข่ายที่มีอุณหภูมิ และความชื้นในช่วงเวลาทดลองเป็น 30-31°C และ 70-75% ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 10 ซ้ำ 4 ตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับควบคุม T_0 : ให้น้ำตลอดการปลูก T_1 : งดให้น้ำระยะเริ่มปลูกที่อายุ 19-21 วันหลังปลูก T_2 : งดให้น้ำในระยะเจริญเติบโตที่อายุ 35-37 วันหลังปลูก และ T_3 : งดให้น้ำระยะโตเต็มที่ ที่อายุ 45-47 วันหลังปลูก ผลการทดลอง พบว่า T_3 : ให้ความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกับตำรับควบคุม แต่จำนวนใบ และปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมีมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การขาดน้ำ, คะน้าฮ่องกง, เบต้าแคโรทีน, ชุดดินกำแพงแสน

ABSTRACT: Many researchers determined water deficit stress affected growth and antioxidant on many kind of plants. Kailaan is one of popular vegetable to consume. Very little information on this kind of plant is known. The study aimed at finding the effect of water deficit at various growth stages on growth and β -carotene content in Kailaan. The experiment was conducted in topsoil of Kamphaengsaen series (Typic Haplustalfs) under net house. The temperature and humidity were 30-31°C and 70-75% respectively. The experiment was carried out as completely randomized design (CRD) with 10 replications and 4 treatments consisting of control (T_0) no water deficit throughout growing period, water deficit at initial stage during 19-21 day after plant (DAP); T_1 , water deficit at vegetative stage during 35-37 DAP; T_2 , water deficit at maturity stage during 45-47 DAP; T_3 . The results were found that water deficit at maturity stage (T_3) gave the highest plant height, fresh weight and dry weight. They were not differing from those of control. But leaf number and amount of β -carotene was highest significantly among treatments.

Keywords: water deficit, Kailaan, β -carotene, Kamphaengsaen series

Received June 21, 2018

Accepted September 17, 2018.

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Soil Science Department, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: agrpyst@ku.ac.th

บทนำ

ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดและมีบทบาทกับทุกภาคส่วนแต่สถานการณ์ปัจจุบันพบว่าปัญหาการขาดแคลนน้ำมีความรุนแรงมากขึ้น การปลูกผักคะน้าฮ่องกงเป็นผักชนิดหนึ่งที่ใช้ปริมาณมากถึง 300 ลบ.ม. ต่อไร่ (สุนิสา, 2551; สำเนาและคณะ, 2559) เกษตรกรจะให้น้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ผักมีน้ำหนักมาก เพราะน้ำมีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโต การเพิ่มขนาดของเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ และยังเป็นตัวกลางในการลำเลียงธาตุอาหารในดินเข้ามาบริเวณรากพืช เมื่อรากดูดแร่ธาตุอาหารเข้ามาในต้นพืช น้ำจะลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารไปยังใบ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในสังเคราะห์แสง และหายใจ (อินทรี, 2560) ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของผักมีความต้องการน้ำไม่เท่ากันและในบางระยะการเจริญเติบโตสามารถงดให้น้ำผักได้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พืชสังเคราะห์สารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Kramer, 1969; Matsuzoe et al., 1998; Mohammadkhani and Heidari, 2007) การงดให้น้ำแต่ละช่วงการเจริญเติบโตอาจส่งผลต่อความเครียดของผัก ถ้าผักเครียดในระดับที่สามารถปรับตัวได้ผักจะสร้างสารต้านออกซิเดชันขึ้นมาเพื่อลดความเครียดและเจริญเติบโตได้ต่อไป แต่ถ้าผักมีความเครียดมากเกินไปอาจตายได้ สารต้านออกซิเดชันเป็นสารที่ผู้บริโภคต้องการมากเพื่อป้องกันโรคหรือรักษาสุขภาพ ผักที่มีสารเหล่านี้ ในปริมาณมากจะตั้งราคาสูงได้ (Vandecandelaere et al., 2010)

ผลกระทบการขาดน้ำต่อความเครียดของผักกลุ่ม Brassica ในเรื่องของกรเติบโตและผลผลิตพบว่าถ้าผักขาดน้ำไม่ว่าระยะการเจริญเติบโตใดๆ ทำให้ผลผลิต พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งลดลง (Germchi et al., 2010; Kumar et al., 1994) การแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ลดลง ปริมาณน้ำในใบและอัตราการคายน้ำลดลง การลำเลียงธาตุอาหารในดินมายังใบเพื่อกำจัดสังเคราะห์แสง และหายใจลดลง ในสภาพขาดน้ำการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ทำให้การสร้างอาหารในผักลดลง (Ördög and Zoltán, 2011) ผักที่ขาดน้ำจึงสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ดอก และรากได้น้อยกว่าผักที่ไม่ขาดน้ำ สำหรับในเรื่องการสังเคราะห์สาร

ต้านออกซิเดชันของผักพบว่าเมื่อผักเครียดจากการขาดน้ำการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง เมื่อขาดแคลนคาร์บอนไดออกไซด์ ผักจะมีปัญหาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสง (photosystem) โดยอิเล็กตรอนในระบบแสงจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เกิดอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน เมื่ออนุมูลอิสระเพิ่มมากถึงระดับหนึ่ง ผักจะส่งสัญญาณ เช่น เอนไซม์ หรือกรดบางชนิดไปกระตุ้นให้มีการแสดงออกของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งสารต้านออกซิเดชันมีหลายสาร เช่น กลูตาไธโอน แอสคอร์เบต แคโรทีนอยด์ สารฟีนอลิก และแอนโทไซยานิน (Young, 1991; Pietrini et al., 2002; Sharma et al., 2011) ซึ่งในคะน้าฮ่องกงจะพบสารเบต้าแคโรทีนสูงมาก (อายุวัฒน์เวชศาสตร์, 2559) ผักที่ได้รับความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกันจะสร้างสารต้านออกซิเดชันในปริมาณไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามผักที่ได้รับการความเครียดมากจะมีภาวะอนุมูลอิสระมากเกินไป ส่งผลให้เซลล์ผักตายได้ การวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการขาดน้ำในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตต่อผลการเจริญเติบโตและการเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนของคะน้าฮ่องกง ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ดำรับการทดลอง ทำ 10 ซ้ำ โดยได้รับควบคุม T_0 : ให้น้ำตลอดช่วงการปลูก; T_1 : งดให้น้ำในระยะเริ่มปลูก ที่ผักอายุ 19-21 วัน; T_2 : งดให้น้ำในระยะเติบโต ที่ผักอายุ 35-37 วัน และ T_3 : งดให้น้ำระยะโตเต็มที่ ที่ผักอายุ 45-47 วัน โดยใช้ดินบนของชุดดินกำแพงแสน (Typic Haplustalfs) เป็นวัสดุปลูก วิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สภาพการนำไฟฟ้า ค่าพีเอช แสดงใน Table 1 พบว่าเป็นดินที่สามารถปลูกคะน้าฮ่องกงได้เนื่องจากมีปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ไม่เค็มและมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (สุนิสา, 2551) ทำการเพาะเมล็ดในวัสดุเพาะกล้า เมื่ออายุ 14 วัน จึงย้ายลงในกระถางขนาด 8 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น ใช้ดิน 3 กก. ทดลองปลูกพืชในโรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคาพลาสติก ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นตลอดการทดลองเป็น 30-31°C และ 70-75% ตามลำดับ เมื่อผักมีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ใส่

ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (NH_4SO_4) กระดาษละ 2 g และให้น้ำวันละครั้ง ครั้งละ 500 ml เท่ากันในทุกๆ การทำการทดลอง จนผักมีอายุ 18 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นจึงรดให้น้ำตามที่กำหนดในการทำการทดลอง

และเมื่อคะน้ำชอายุ 48 วันหลังเพาะเมล็ดทำการรดน้ำ ทุกๆ การทำการทดลองก่อนการเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างผัก คะน้ำฮ่องกง

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

Table 1 Some soil properties before planting

Property, unit	Method	Analyzed	Interpretation
Sand, silt, clay (%)	Pipette and sedimentation (Gee and Bauder, 1986)	84, 1, 15	Sandy loam
Soil pH	1:1 soil : H_2O (National Soil Survey Center, 1996)	6.65	neutral
Electrical conductivity (dS/m)	Saturated extraction (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)	2.13	normal
Total nitrogen (%)	Kjeldahl method (National Soil Survey Center, 1996)	0.069	Very low
Available P (mg/kg)	Bray II (Bray and Kurtz, 1945)	184.55	Very high
Exchangeable K (mg/kg)	1 N $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ at pH 7.0 and measured by AAS (Pratt, 1987)	117.12	Very high

1. ด้านการเจริญเติบโต เมื่อคะน้ำฮ่องกงอายุ 48 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวส่วนเหนือดินวัดจากโคนต้นถึงใบยอด เพื่อวิเคราะห์น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงของต้น จำนวนใบ และความกว้างใบ

2. วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยใช้ยวดยอดและใบคู่ที่ 2 นับจากปลายยอด (Reiss, 1994) สกัดด้วยสารละลาย Acetone: Hexane สัดส่วน 4:6 แล้วนำสารสกัดไปวิเคราะห์การดูดกลืนแสง โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น 453, 505, 645 และ 663 นาโนเมตร ตามวิธีการที่เสนอโดย Nagata and Yamashita (1992) โดยคำนวณปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยสมการ

$\beta\text{-carotene} = 0.216 A_{663} - 1.220 A_{645} - 0.304 A_{505} + 0.452 A_{453}$
เมื่อ A_{663} , A_{645} , A_{505} และ A_{453} คือ ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 nm ตามลำดับ

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของข้อมูลการเจริญเติบโตของคะน้ำฮ่องกงและปริมาณเบต้าแคโรทีน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเหล่านี้ด้วยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS (University license)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การรดน้ำของตำรับทดลองทั้ง 4 ทำให้ความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทำให้ความสูงของลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ตำรับควบคุม (T_0) ได้รับน้ำตลอดช่วงปลูก คะน้ำฮ่องกงมีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ขนาดใบกว้างดีที่สุดในเนื่องจากคะน้ำฮ่องกงไม่ได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ ซึ่งน้ำช่วยเพิ่มขนาดและขยายตัวของเซลล์ (อินทรี, 2560) จึงทำให้คะน้ำฮ่องกงที่ได้รับน้ำตลอดการเวลา มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนตำรับรดให้น้ำที่ผักอายุ 35-37 วัน (T_2) ผักมีจำนวนใบ ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดและแตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าคะน้ำที่ขาดน้ำอายุนี้ ซึ่งเป็นระยะที่คะน้ำฮ่องกงกำลังต้องการน้ำมาก จะยับยั้งการเจริญเติบโตทางลำต้นพืช ทำให้ต้นเตี้ยเล็ก แคระแกร็น (เฉลิมพล, 2535) การขาดน้ำในระยะเติบโตนี้ทำให้ผักมีความเครียดมากจนอาจทำให้เซลล์พืชบางส่วนได้รับความเสียหายมาก สังเกตจากใบผักมีอาการเหี่ยวที่ชัดเจน และม้วนงอแตกต่างจากการรดให้น้ำ ในช่วงระยะเวลาอื่นๆ (Figure 1)

สำหรับปริมาณสารเบต้าแคโรทีน การรด



Figure 1 Water stress of leaves taking from a) well watered plants (T_0) no evidence water stress at harvest; b) non watering during 21 DAP (T_1); c) non watering during 37 DAP (T_2); d) non watering during 47 DAP (T_3)

การให้น้ำในช่วงระยะเวลาต่างๆ ให้ผลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดำรงค้ำให้น้ำระยะโตเต็มที่ (T_3) ให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด เป็นผลมาจาก ค่ะน้ำยังงอกขาดน้ำในช่วงระยะโตเต็มที่ ซึ่งเป็นช่วงที่ ผักมีความต้องการน้ำมาก ทำให้ผักต้องสร้างกลไก ป้องกันการสูญเสียน้ำ โดยการปิดปากใบ ส่งผลให้เกิด การแลกเปลี่ยน CO_2 ได้น้อยลง (Ördög and Zoltán, 2011) อิเล็กตรอนในระบบแสงจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนได้อนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (He et al., 1995 ; Cornic, 2000) ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ เกี่ยวข้องกับความเครียดของผัก (Prochazkova and Wilhelmoiva, 2011) เมื่ออนุมูลอิสระเพิ่มมาก ถึงระดับหนึ่ง ผักจะส่งสัญญาณเพื่อกระตุ้นให้มีการ สังเคราะห์สารเบต้าแคโรทีน สอดคล้องกับงานวิจัย ของ Mohammadkhani and Heidari (2007) ที่พบ ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 สายพันธุ์อยู่ภายใต้สภาวะ

จากการขาดน้ำจะช่วยส่งเสริมการสร้างปริมาณ เบต้าแคโรทีนสูงขึ้นกว่าข้าวโพดที่ได้รับน้ำตลอดการ เจริญเติบโต การงดการให้น้ำในช่วงระยะเวลามี ผลต่อคุณภาพด้านอื่นๆของผักตระกูลคะน้า เช่นเมื่อ งดให้น้ำในช่วงออกดอกทำให้โปรตีนในเมล็ด rapeseed เพิ่มขึ้น (Bouchereau et al., 1996; Germchi et al., 2010) พืชหลายชนิดที่มีคุณภาพด้านสารต้าน ออกซิเดชันสูงหรือคุณภาพด้านรูปร่างดี สามารถ จำหน่ายได้ราคาสูง (Vandecandelaere et al., 2010) ดังนั้นเกษตรกรที่งดการให้น้ำผักคะน้าช่วง ระยะเวลาโตเต็มที่ผลผลิตจะลดลงจากการให้น้ำ ตลอดเวลาเล็กน้อยแต่ทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในผักสูงขึ้นมาก สามารถนำข้อมูลประชาสัมพันธ์ ผลผลิตตนเองเพื่อสร้างมูลค่าให้สูงขึ้นได้ และยัง สามารถช่วยประหยัดการใช้น้ำได้อีกด้วย

สรุป

Table 2 Leaf width, leaf number, plant height, fresh and dry weight and β -carotene content of Kailaan grown in different duration of water deficit

Water deficit duration	Leaf width (cm)	Leaf number	Plant height (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	β -carotene (mg/100g)
T_0	7.87	5.50 ^b	16.71 ^a	19.89 ^a	2.51 ^a	0.66 ^b
T_1	6.66	6.50 ^a	13.89 ^b	18.48 ^a	2.23 ^a	0.56 ^b
T_2	6.73	4.20 ^c	13.41 ^b	12.62 ^b	1.20 ^b	0.45 ^b
T_3	6.66	7.00 ^a	13.91 ^b	17.53 ^{ab}	2.04 ^a	0.99 ^a
P value	0.07	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
CV. (%)	17.4	24.8	16.1	33.5	33.5	46.6

T_0 : non water deficit; T_1 : non watering during 19-21 day after planting; T_2 : non watering during 35-37 day after planting; T_3 : non watering during 45-47 day after planting. Values followed by the same letter in a column are not significant at 0.05 level by the Duncan Multiple Range Test.

การให้น้ำคะน้ำของงดตลอดช่วงการปลูก ทำให้ผลผลิตสูงที่สุด การงดให้น้ำที่ระยะโตเต็มที่ที่ ผักอายุ 45-47 วันสามารถให้ผลผลิต (น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง)ใกล้เคียงกับการให้น้ำตลอดช่วง การปลูก แต่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าการให้น้ำ ตลอดช่วงการปลูกและสูงกว่าการงดให้น้ำในระยะ การเจริญเติบโตอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล แชนเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืช. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- สุนิสา ประไพตระกูล. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริม การเกษตร พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้ำ, ผัก กวางตุ้ง). สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.
- สำเนา แก้วสระแสน, มณฑนา สุจริต, จารึก สีนธุ์ตัน และวัชร กอแก้ว. 2559. การทดลองหาปริมาณ น้ำใช้ที่เหมาะสมของคะน้ำ ปีที่ 2 ใน รายงาน ผลการวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนา สำนัก บริหารจัดการน้ำ และ อุทกวิทยา กรมชลประทาน สวพ.06/2559.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อายุวัฒน์เวชศาสตร์. 2559. 21 สรรพคุณ...ประโยชน์ ของผักคะน้ำ. แหล่งข้อมูล: http://sukkaphap-d.com/21-สรรพคุณ_ประโยชน์ของผัก เข้าถึงเมื่อ 19 มิถุนายน 2561
- อินทิรา ชูตแก้ว. 2560. ความเครียดของพืช. แหล่ง ข้อมูล : <http://biology.ipst.ac.th/?=3361>. เข้าถึง 12 มีนาคม 2561.
- Bouchereau A., N. Clossais-Besnard, A. Bensaid, L. Leport and M. Renard. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy 5: 19-30.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. Soil Sci. 59:39-45.
- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science 5:187-188.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-sized analysis, pp. 383-411. In: A. Kulte et al. (eds.). Method of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Germchi S., F. Shekari, M.B. Hassanpooraghdam, M.B. Khorshidi Benam and F. Shekari. 2010. Water deficit stress affects growth and some biochemical characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Food, Agriculture & Environment 8:1126-1129.
- He, J.X., J. Wang and H.G. Liang. 1995. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves. Physiologia Plantarum 93, 771-777.
- Kumar, A., J. Elston and P. Singh. 1994. Leaf area growth of two Brassica species in response to water stress. Crop Res. 8:594-602.
- Matsuzoe, N. K. Zushi and T. Johjima. 1998. Effect of Soil Water Deficit on Coloring and Carotene Formation in Fruits of Red, Pink, and Yellow Type Cherry Tomatoes. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 67:600-606.
- Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2007. Effects of Water Stress on Respiration, Photosynthetic Pigments and Water Content in Two Maize Cultivars, Journal of Biological Sciences.10: 4022-4028.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. United States Department of Agriculture, Natl. Soil Surv. Cent., Soil Survey Investigation No.42, Version 3. 693 p.
- Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato

- fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 39: 925-928.
- Ördög V. and Z. Molnár. 2011. *Plant Physiology*. Digital textbook library. Accessed June 21, 2018
- Pietrini, F., M.A. Iannelli and A. Massacci. 2002. Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 25: 1251–1259.
- Pratt, P.F. 1987. Potassium, pp. 234–237. In C.A. Black (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition. Agron. Monograph No.9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, WI.
- Prochazkova, D. and N. Wilhelmova. 2011. Antioxidant protection during abiotic stresses. In *Handbook of Plants and Crop Stress* (M. Pessarakli ed.). CRC Press. Taylor and Francis Group. New York.
- Reiss C. 1994. *Experiments in Plant Physiology*. Prentice Hall, New Jersey.
- Sharma, P., A. Bhushan, and R.S. Dubey. 2011. Oxidative stress and antioxidative defence system in plants growing under abiotic stresses. In *Handbook of Plants and Crop Stress* (M. Pessarakli ed.). CRC Press. Taylor and Francis Group. New York.
- Vandecandelaere, E., F. Arfini, G. Belletti and A. Marescotti. 2010. Remuneration: marketing a GI product. P.119. In: Vandecandelaere, E. *Linking People, Places and Products: A Guide for Promoting Quality Linked to Geographical Origin and Sustainable Geographical Indications*. 2nd. FAO and Siner GI.
- Young, A.J., 1991. The protective role of carotenoids in higher plants. *Physiologia Plantarum* 83: 702–708.