

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΟΛΟΚΥΘΙΟΥ (*Cucurbita pepo* L.) ΜΕΣΩ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

Γ. Στυλιανίδης^{1,2}, Ν. Στρέπκου¹, Ι. Φλάκα¹, Δ. Δημητριάδη², Χ. Πανταζοπούλου¹, Σ.
Χωριανοπούλου^{1,3}, Δ. Μπουράνης^{1,3}

¹ Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών, Ιερά Οδός 75, 118 55, Αθήνα, strepkoun@gmail.com

² ΚΑΡΒΕΛΑΣ ΑΒΕΕ, 80^ο χλμ. Εθν. Οδ. Αθηνών-Λαμίας, 322 00, Ύπατο, Βοιωτία

³ Ινστιτούτο Θρέψης Φυτών και Ποιότητας Εδάφους PlanTerra Institute, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 118 55, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η ανάγκη της βελτιστοποίησης των αποδόσεων και της ποιότητας κηπευτικών καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος καλλιέργειας, με παράλληλο περιορισμό των επεμβατικών εισροών. Το σύστημα αυτό μπορεί να αξιοποιήσει ένα σύνολο δεικτών που μετρώνται με τη βοήθεια φορητών οργάνων, τα οποία επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση της φυσιολογικής εικόνας ανάπτυξης των φυτών, σε όλα τα φαινολογικά στάδια. Σκοπός της εργασίας είναι η συσχέτιση διαφόρων μη καταστρεπτικών μετρήσεων οπτικών δεικτών, καθώς και φυσιολογικών παραμέτρων, που έχουν αναπτυχθεί στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας, με τα ανατομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της καλλιέργειας κολοκυθίου (*Cucurbita pepo* L.). Βασίζομενοι σε προηγούμενες εργασίες της ομάδας μας (Bouranis et. al., 2022; Karousis et. al., 2022), επιχειρήθηκε η ανάπτυξη μίας βάσης δεδομένων. 160 φυτάρια κολοκυθίου ποικιλίας “Κομποκολόκυθο”, μεταφυτεύθηκαν στο στάδιο ανάπτυξης των δύο πραγματικών φύλλων -στάδιο 12 της κλίμακας BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt and Chemische Industrie, Germany)- σε υπαίθριο χώρο της περιοχής του Υπάτου και τηρήθηκε πρόγραμμα εβδομαδιαίων διαφυλλικών λιπάνσεων σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας. Μετρήθηκαν σε εβδομαδιαία βάση δείκτες φωτοχημικής ανάκλασης (PRI, Photochemical Reflectance Index), βλάστησης (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index), σχετικής συγκέντρωσης χλωροφυλλών (SPAD, Soil Plant Analysis Development) και φθορισμού χλωροφυλλών, καθώς και ορισμένες φυσιολογικές παράμετροι (φωτοσυνθετικός ρυθμός, διαπνευστικός ρυθμός, στοματική αγωγιμότητα και υποστοματικό CO₂), ενώ παράλληλα συλλέχθηκαν φωτογραφίες με φασματική κάμερα. Τα δεδομένα αναλύονται με την προοπτική να διαμορφωθεί ένα προτεινόμενο εύρος φυσιολογικών τιμών για αξιολόγηση της φυσιολογικής ανάπτυξης της καλλιέργειας in situ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Αναλύοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν καταλήγουμε σε ορισμένα προτεινόμενα εύρη που αφορούν στους υπό προσδιορισμό δείκτες και αποτυπώνουν ποσοτικά την αναπτυξιακή κατάσταση της καλλιέργειας μέσα από μία φυσιολογική σκοπιά.

<ul style="list-style-type: none"> Εύρη τιμών οπτικών δεικτών: SPAD: 35 - 45 PRI: 0.02 - 0.04 PSRI: 0.2 - 0.5 	<ul style="list-style-type: none"> Εύρη τιμών δεικτών φθορισμού: F_v/F_m: 0.6 - 0.8 F_v/F_o: 2.0 - 4.0 Φυσιολογικό εύρος: F_v/F_m: 0.79-0.83 <p>(Maxwell K., Johnson G. N. 2000; Kitajima and Butler, 1975)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Εύρη τιμών φυσιολογικών παραμέτρων: Φωτοσυνθετικός Ρυθμός: 15 - 25 μmol·m⁻²·s⁻¹ Διαπνευστικός Ρυθμός: 5 - 8 mmol·m⁻²·s⁻¹ Υποστοματικό CO₂: 210 - 270 μmol·mol⁻¹ Στοματική Αγωγιμότητα: 0.2 - 0.3 mol·m⁻²·s⁻¹
--	--	---



Εικόνα 1. Μακροσκοπική φωτογραφία φυτού κολοκυθιάς την 50 dpt. Με πορτοκαλί, κίτρινο, μπλε, μοβ επισημαίνεται το 1^ο, 2^ο, 3^ο και το νεότερο επιλεγμένο φύλλο αντίστοιχα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Πίνακας 1. Τιμές οπτικών δεικτών των επιλεγμένων προς μέτρηση φύλλων στην πάροδο του χρόνου (dpt). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέσοι Όροι ± Τυπική Απόκλιση των μετρήσεων.

Οπτικός Δείκτης	Επιλεγμένο Φύλλο	Ημέρα μετά την Μεταφύτευση (dpt)		
		50	56	63
SPAD	Νεότερο	35.1 ± 3.3	41.8 ± 3.2	42.0 ± 4.1
	3ο	42.7 ± 3.6	42.7 ± 3.1	41.5 ± 3.5
	2ο	44.0 ± 4.0	42.3 ± 4.7	38.4 ± 8.4
	1ο	43.1 ± 5.5	40.2 ± 5.0	37.6 ± 6.5
PRI	Νεότερο	0.031 ± 0.006	0.039 ± 0.008	0.021 ± 0.019
	3ο	0.025 ± 0.004	0.035 ± 0.007	0.018 ± 0.014
	2ο	0.026 ± 0.003	0.035 ± 0.010	0.025 ± 0.013
	1ο	0.026 ± 0.008	0.034 ± 0.009	0.021 ± 0.009
PSRI	Νεότερο	0.46 ± 0.22	0.24 ± 0.15	0.22 ± 0.10
	3ο	0.34 ± 0.17	0.20 ± 0.10	0.20 ± 0.08
	2ο	0.27 ± 0.10	0.23 ± 0.13	0.19 ± 0.06
	1ο	0.30 ± 0.15	0.21 ± 0.08	0.19 ± 0.07

Πίνακας 2. Τιμές δεικτών φθορισμού των επιλεγμένων προς μέτρηση φύλλων στην πάροδο του χρόνου (dpt). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέσοι Όροι ± Τυπική Απόκλιση των μετρήσεων.

Δείκτης Φθορισμού	Επιλεγμένο Φύλλο	Ημέρα μετά την Μεταφύτευση (dpt)		
		50	56	63
F _v /F _m	Νεότερο	0.73 ± 0.03	0.64 ± 0.16	0.77 ± 0.04
	3ο	0.68 ± 0.12	0.73 ± 0.05	0.78 ± 0.03
	2ο	0.67 ± 0.10	0.74 ± 0.03	0.76 ± 0.04
	1ο	0.68 ± 0.05	0.74 ± 0.04	0.76 ± 0.05
F _v /F _o	Νεότερο	2.74 ± 0.46	2.15 ± 0.94	3.53 ± 0.97
	3ο	2.47 ± 0.91	2.85 ± 0.62	3.47 ± 0.71
	2ο	2.28 ± 0.74	2.87 ± 0.39	2.94 ± 0.66
	1ο	2.23 ± 0.53	2.94 ± 0.59	3.10 ± 0.84

Πίνακας 3. Τιμές φυσιολογικών παραμέτρων των επιλεγμένων προς μέτρηση φύλλων στην πάροδο του χρόνου (dpt). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέσοι Όροι ± Τυπική Απόκλιση των μετρήσεων.

Φυσιολογική Παράμετρος	Επιλεγμένο Φύλλο	Ημέρα μετά την Μεταφύτευση (dpt)		
		50	56	63
Φωτοσυνθετικός Ρυθμός (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	Νεότερο	17.5 ± 7.4	17 ± 5.5	17.7 ± 2.8
	3ο	22.8 ± 3.4	15.5 ± 3.6	16.2 ± 5.8
	2ο	22.4 ± 3.2	16.3 ± 5.1	12.9 ± 5.6
	1ο	19.1 ± 5.6	14.1 ± 3.9	12.2 ± 6.4
Διαπνευστικός Ρυθμός (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	Νεότερο	6.84 ± 1.31	7.01 ± 1.61	8.29 ± 1.68
	3ο	7.64 ± 0.88	6.61 ± 1.54	8.03 ± 2.31
	2ο	7.2 ± 1.01	6.65 ± 0.96	6.76 ± 1.69
	1ο	6.63 ± 1.62	6.08 ± 1.12	6.51 ± 2.21
Υποστοματικό CO ₂ (μmol·mol ⁻¹)	Νεότερο	255 ± 20	223 ± 17	236 ± 20
	3ο	216 ± 5	226 ± 11	250 ± 22
	2ο	216 ± 6	235 ± 26	261 ± 10
	1ο	228 ± 21	223 ± 9	274 ± 19
Στοματική Αγωγιμότητα (mol·m ⁻² ·s ⁻¹)	Νεότερο	0.29 ± 0.08	0.25 ± 0.07	0.28 ± 0.01
	3ο	0.34 ± 0.06	0.22 ± 0.05	0.28 ± 0.05
	2ο	0.33 ± 0.06	0.21 ± 0.02	0.22 ± 0.04
	1ο	0.28 ± 0.04	0.19 ± 0.02	0.21 ± 0.04

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ:

Τα φυτάρια μεταφυτεύτηκαν στις 12/5/2023 και σε εβδομαδιαία βάση λάμβαναν πλήρες θρεπτικό διάλυμα διαφυλλικά. Στις 1/7/2023 (ημέρα 50 μετά την μεταφύτευση - dpt) επιλέχθηκαν και σημάνθηκαν 3 πλήρως εκπτυγμένα φύλλα και το νεότερο εκπτυγμένο φύλλο σε 10 φυτά (Εικόνα 1). Τα φύλλα αυτά αριθμήθηκαν με κριτήριο την απόστασή τους από τη βάση του φυτού (Φύλλο 1 – στο κάτω 1/3 της κόμης/ Φύλλο 3 – στο άνω 1/3 της κόμης). Στα επιλεγμένα φύλλα λαμβάνονταν μετρήσεις οπτικών δεικτών και φυσιολογικών παραμέτρων σε εβδομαδιαία βάση έως την 63^η dpt (50-, 56-, 63- dpt). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν μεταξύ των ωρών 10:00 – 16:00. Για τους οπτικούς δείκτες (PRI, SPAD, PSRI) που παρουσιάζονται στα αποτελέσματα λήφθηκαν 10 σημειακές τιμές ανά φύλλο, ενώ στην περίπτωση του δείκτη PSRI (Plant Senescence Reflectance Index), ο προσδιορισμός αυτού προέκυψε μέσω ανάλυσης των φωτογραφιών που λήφθηκαν με φασματική κάμερα (PhenoCheck -Qcell I.K.E.). Για το φθορισμό χλωροφύλλης λήφθηκε 1 τιμή ανά φύλλο σε χρόνο συσκότισης Δt=30 min (Modulation Source power: 60%/ Saturation Flash power: 60%/ Width: 1 sec). Τέλος, για τις φυσιολογικές παραμέτρους καταγράφηκαν 3 τιμές ανά φύλλο σε χρόνο 2 mins από την τοποθέτηση του φύλλου στο θάλαμο και με παροχή τεχνητού φωτός της τάξεως των 1500 μmol φωτονίων m⁻² s⁻¹.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Bouranis D.L., Karousis E.N., Stylianidis G., Tzanaki A., Dimitriadi D., Siyiannis V., Chorianopoulou S.N. Monitoring of broccoli crop before and after biofortification: Toward revealing potential transient stressful periods during development. In Proceedings of the 2nd AGROECOINFO Conference, Volos, Greece, 30 June – 1 July 2022. ISBN: 978-618-84403-8-8.
- Karousis E.N., Stylianidis G., Tzanaki A., Dimitriadi D., Chorianopoulou S.N., Bouranis D. Monitoring of broccoli crop before and after biofortification: The use of photochemical reflection index. In Proceedings of the 2nd AGROECOINFO Conference, Volos, Greece, 30 June – 1 July 2022. ISBN: 978-618-84403-8-8.
- Kitajima M, Butler W. Quenching of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone. Biochim. Biophys. Acta. 1975;376:105–115.
- Maxwell K, Johnson GN. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. J Exp Bot. 2000;51:659–68.