

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ 5 ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑ ΣΤΑΦΥΛΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΦΥΛΛΩΜΑΤΟΣ

Αναστασίου Ευάγγελος^{a*}, Κουνάνη Καλλιόπη^a, Τζουβάρας Σπύρος^a, Μπαλαφούτης Αθανάσιος^a, Τεμπλαλέξης Χαράλαμπος^a, Λέντζου Διαμάντω^a, Τσιρόπουλος Ζήσης^a Ξανθόπουλος Γεώργιος^a, Φουντάς Σπύρος^a

^a: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα (evangelos_anastasiou@aua.gr)

Περίληψη

Τα επιτραπέζια σταφύλια χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή από την αρχαιότητα. Ωστόσο οι γεωργικές πρακτικές και οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν έντονα τα επιτραπέζια σταφύλια από την άποψη της ποσότητας και της ποιότητας. Η Αμπελουργία Ακριβείας επιτρέπει την ακριβή χρονική και χωρική τοποθέτηση των γεωργικών εισροών για την παραγωγή καλλιεργειών μέσω της συλλογής δεδομένων αρχικά, της επεξεργασίας τους και τελικά της υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Η Αμπελουργία Ακριβείας έχει υιοθετηθεί γρήγορα σε αμπελώνες με οινοποιήσιμες ποικιλίες λόγω της υψηλής εκμηχάνισης που παρουσιάζουν. Η οπτική τηλεσκόπηση παρέχει μια ισχυρή και ακριβή εκτίμηση των παραμέτρων των καλλιεργειών. Οι φασματικοί δείκτες βλάστησης είναι μαθηματικοί ποσοτικοί συνδυασμοί της απορρόφησης και σκέδασης των τιμών των φυτών σε διαφορετικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών φασματικών δεικτών βλάστησης για την πρόβλεψη των επιτραπέζιων σταφυλιών όσον αφορά τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας σε έναν αγρό που δέχεται μεγάλο αριθμό των γεωργικών εργασιών. Για αυτό τον λόγο 5 φασματικοί δείκτες βλάστησης χρησιμοποιήθηκαν σε αμπελώνα εμπορικών επιτραπέζιων σταφυλιών (*Vitis vinifera* cv. *Thompson seedless*). Ισχυρές συσχετίσεις βρέθηκαν ανάμεσα στους φασματικούς δείκτες βλάστησης και στην πρόβλεψη διαφορετικών παραμέτρων ποιότητας όπως το pH (συσχέτιση Pearson $r = -0.580$ για $p < 0,01$), την περιεκτικότητα σε σάκχαρα (συσχέτιση Pearson $r = 0,429$ για $p < 0,01$) και την ολική οξύτητα (συσχέτιση Pearson $r = -0.461$ για $p < 0,01$). Αντίθετα, τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία συσχέτιση μεταξύ των φασματικών δεικτών βλάστησης και των παραμέτρων της απόδοσης. Προτείνεται ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί φασματικοί δείκτες βλάστησης για την εκτίμηση διαφορετικών ποιοτικών παραμέτρων για επιτραπέζια σταφύλια, ενώ ο μεγάλος αριθμός καλλιεργητικών εργασιών είναι υπεύθυνος για την

έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των φασματικών δεικτών βλάστησης και των παραμέτρων της απόδοσης.

Λέξεις - κλειδιά: Επιτραπέζια σταφύλια, αμπελουργία ακριβείας, NDVI, NDRE, GNDVI.

Εισαγωγή

Τα επιτραπέζια σταφύλια χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή από την αρχαιότητα. Τα επιτραπέζια σταφύλια μπορούν να διακριθούν σύμφωνα με το χρώμα του σε πράσινο, μπλε ή κόκκινες ποικιλίες, σύμφωνα με το μέγεθός τους, ενώ η ύπαρξη των σπόρων ή όχι είναι ένας άλλος τρόπος για να τα ξεχωρίζουν σε ποικιλίες με σπόρους ή χωρίς (αγίγαρτες). Ωστόσο οι γεωργικές πρακτικές και οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν έντονα τα επιτραπέζια σταφύλια όσον αφορά τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, έχουν υψηλή επίδραση στα εμπορικά χαρακτηριστικά όπως τα ολικά διαλυτά στερεά και τη διάμετρο της ράγας μαζί με τον δείκτη ωρίμανσης που συνδέεται έντονα με την ικανότητα αποθήκευσης και κατά συνέπεια με την μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής (Kelany et al., 2011).

Η Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ) επιτρέπει την ακριβή χρονική και χωρική τοποθέτηση των γεωργικών εισροών για την παραγωγή καλλιεργειών μέσω της συλλογής δεδομένων αρχικά, της επεξεργασίας τους και τελικά της υποστήριξης λήψης αποφάσεων (Bongiovanni, 2004). Το σύστημα αυτό παραγωγής καλλιεργειών έχει υιοθετηθεί γρήγορα από άλλους κλάδους του αγροδιατροφικού τομέα όπως τα οπωροκηπευτικά. Πραγματικά, πολλές μελέτες γεωργίας ακριβείας έχουν διεξαχθεί σε διαφορετικές οπωροκηπευτικές καλλιέργειες όπως τα αμπέλια, τα αχλάδια, και τα καρπούζια (Vatsanidou et al., 2014; Fountas et al., 2015). Συγκεκριμένα, η αμπελουργία ακριβείας (ΑΑ) έχει υιοθετηθεί γρήγορα σε αμπελώνες με οινοποιήσιμες ποικιλίες λόγω της υψηλής εκμηχάνισης που παρουσιάζουν. Έτσι, τα οφέλη της εφαρμογής, όπως η αύξηση των κερδών μέσω της επιλεκτικής συγκομιδής και η εξοικονόμηση των εισροών παρατηρήθηκαν αμέσως. Αλλά, υπάρχουν περιορισμένες μελέτες εφαρμογής γεωργίας ακριβείας σε επιτραπέζια σταφύλια.

Ο κύριος στόχος της ΑΑ είναι η διαχείριση της χωρική παραλλακτικότητας των αμπελώνων μέσα από την οριοθέτηση ζωνών διαχείρισης. Οι επιδράσεις του εδάφους και άλλων αβιοτικών παραγόντων σε παραμέτρους της αμπέλου (απόδοση, ευρωστία, σύνθεση σταφυλιών) θεωρείται παρόμοια εντός των ζωνών διαχείρισης (Kitchen et al., 2005). Οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικά

δεδομένα όπως δεδομένα σχετίζονται με τοπογραφία και παραμέτρους εδάφους (ανύψωση, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, η υφή του εδάφους) (Moral et al., 2010) και/ή φασματικούς δείκτες βλάστησης που προέρχονται από την οπτική τηλεπισκόπηση (Inman et al., 2008).

Η οπτική τηλεσκόπηση παρέχει μια γρήγορη και ακριβή εκτίμηση των παραμέτρων των καλλιεργειών. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος και παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από τις καταστρεπτικές μεθόδους (Moran et al., 1997). Οι φασματικοί δείκτες βλάστησης είναι μαθηματικοί ποσοτικοί συνδυασμοί της απορρόφησης και σκέδασης των φυτών σε διαφορετικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με το πιο γνωστό από αυτούς να είναι ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης (NDVI) (Panda et al., 2010). Πολλές μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε αμπελώνες χρησιμοποιώντας φασματικούς δείκτες βλάστησης προκειμένου να αξιολογήσουν τις παραμέτρους καλλιέργειας χρησιμοποιώντας διαφορετικούς αισθητήρες όπως εγγύς, εναέριους και δορυφορικούς αισθητήρες (Hall et al., 2011; Baluja et al., 2012).

Ωστόσο, δεν είναι σταθερή η επίδοση του NDVI σχετικά με την εκτίμηση των παραμέτρων του αμπελώνα (Kazmierski et al., 2011). Οι Fountas et al. (2014) έδειξαν ότι ο μεγάλος αριθμός των γεωργικών εργασιών σε ένα έτος ελαχιστοποιεί τη χωρικής παραλλακτικότητα στον τομέα που εκφράζεται από το NDVI. Ως εκ τούτου, ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα των διαφορετικών φασματικών δεικτών βλάστησης για την πρόβλεψη των επιτραπέζιων σταφυλιών όσον αφορά τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας σε έναν αγρό που δέχεται μεγάλο αριθμό γεωργικών εργασιών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν 5 φασματικοί δείκτες βλάστησης σε έναν εμπορικό αμπελώνα επιτραπέζιων σταφυλιών (*Vitis vinifera* cv. *Thompson seedless*).

Υλικά και μέθοδοι

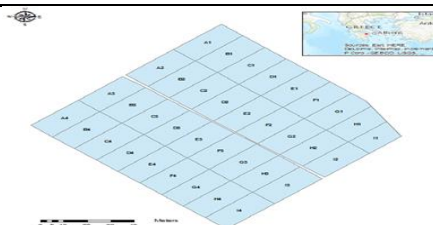
Η μελέτη διεξήχθη σε έναν αγρό εμπορικών επιτραπέζιων σταφυλιών στην Νότια Ελλάδα για το 2015. Φυτεύτηκε με *Vitis vinifera* L. cv. *Thompson seedless* (37° 54.532' N, 22° 44.798' E, Κόρινθος, Ελλάδα) το 2006 και είναι έκτασης 10 στρεμμάτων. Ο αγρός παρουσιάζει διακύμανση στην υφή του εδάφους με δύο διαφορετικούς τύπους εδαφών (αμμοαργιλοπηλώδες και αργιλοπηλώδες). Τα επιτραπέζια σταφύλια είχαν διαμορφωθεί σε ένα σύστημα τύπου V και σε αποστάσεις φύτευσης 1,8 x 2.6 m. Ωστόσο, η διαχείριση του αμπελώνα περιλάμβανε πολλές

εργασίες. Ποτίστηκε δέκα φορές κατά τη διάρκεια της σεζόν λαμβάνοντας συνολικά 240 mm νερού. Ως εκ τούτου, έλαβε πολυάριθμες εργασίες (κορυφολόγημα, ξεφύλλισμα) για να προσαρμόσει την πιο έντονη βλάστηση.

Το φύλλωμα μετρήθηκε σε 5 διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια της αμπέλου (καρπόδεση, ράγα σε μέγεθος μπιζελιού, πλειοψηφία των ραγών ακουμπούν, περκασμός, ωρίμανση για συγκομιδή) χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα CropCircle (ACS-470, Holland Scientific Inc., Lincoln, NE, ΗΠΑ) που έχει την δυνατότητα εναλλαγής των φακών. Ο αισθητήρας βρισκόταν σε ύψος 1,5 m από την επιφάνεια του εδάφους και στόχευε κάθετα από 1,2 m απόσταση τα αμπέλια για σάρωση της πλάγιας κόμης των αμπελιών. Για τους σκοπούς του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν οι φακοί 532 nm (πράσινο), 550 nm (πράσινο), 670 nm (κόκκινο), 700 (οριακό κόκκινο), 730 nm (οριακό κόκκινο) και 760 nm (εγγύς υπέρυθρο). Οι μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των 5 φασματικών δεικτών βλάστησης. Το NDVI, το GNDVI 1 και 2 με δύο διαφορετικά μήκη κύματος (550nm και 532 nm) στο πράσινο κανάλι και το NDRE 1 και 2 επίσης με δύο διαφορετικά μήκη κύματος (730 nm και 700 nm) στο οριακό κόκκινο(Πίνακας 1). Αυτοί οι φασματικοί δείκτες βλάστησης παρουσιάζουν καλή συσχέτιση με διάφορες παραμέτρους καλλιέργειας (Wang et al., 2007).

Πίνακας 1. Φασματικοί δείκτες βλάστησης που χρησιμοποιούνται στην τρέχουσα εργασία.

Δείκτης βλάστησης φασματική	Εξίσωση
NDVI	$NDVI = (\rho_{760} - \rho_{670}) / (\rho_{760} + \rho_{670})$
GNDVI	$GDVI1 = (\rho_{760} - \rho_{550}) / (\rho_{760} + \rho_{550})$
GNDVI2	$GDVI2 = (\rho_{760} - \rho_{532}) / (\rho_{760} + \rho_{532})$
NDRE1	$NDRE1 = (\rho_{760} - \rho_{730}) / (\rho_{760} + \rho_{730})$
NDRE2	$NDRE2 = (\rho_{760} - \rho_{700}) / (\rho_{760} + \rho_{700})$



Σχήμα 1. Χάρτης πλέγμα επιτραπέζιων σταφυλιών πεδίο δειγματοληψίας.

Ένα πλέγμα δειγματοληψίας 36 κελιών δημιουργήθηκε για να εκτιμηθεί η φυσιολογία της αμπέλου, η απόδοση και η ποιότητα των σταφυλιών (Σχήμα 1). Λήφθηκαν δείγματα από 50 ράγες από κάθε κελί του αμπελώνα κατά την συγκομιδή. Η διάμετρος της ράγας υπολογίστηκε με τη χρήση ανάλυσης εικόνας στο Image J. Το

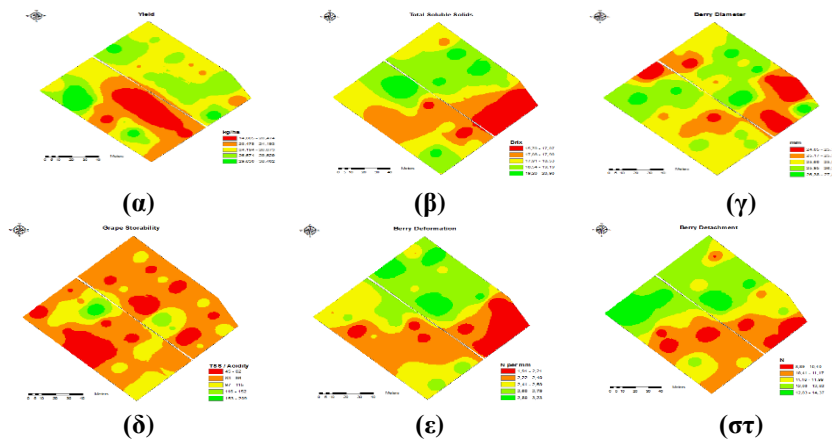
φρέσκο βάρος προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας μια ψηφιακή ζυγαριά. Η δύναμη παραμόρφωσης της ράγας για 1 mm υπολογίστηκε σε ένα δείγμα 25 ραγών ανά κελί χρησιμοποιώντας τον αναλυτή υφής TA-XT2i για τον προσδιορισμό της τραγανότητας. Ενώ η δύναμη που απαιτείται για την αποκόλληση του μίσχου από την ράγα μετρήθηκε επίσης στο ίδιο μέσο. Τα αρχικά δείγματα των 50 ραγών ανά κελί πιέστηκαν για τον προσδιορισμό του βάρους του χυμού. Από κάθε δείγμα του παραγόμενων χυμών μετρήθηκαν τα ολικά διαλυτά στερεά (^οBrix) με το ψηφιακό διαθλασίμετρο SR400, η ολική οξύτητα μετρήθηκε στο GMK-708 και το pH μετρήθηκε με το AD8000. Η συγκομιδή σταφυλιών πραγματοποιήθηκε χειρωνακτικά στις 2 και 3 Σεπτεμβρίου 2015. Η απόδοση εκτιμήθηκε κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, μετρώντας τον αριθμό των κλουβών ανά κελί και πολλαπλασιάζοντας το με το μέσο βάρος κλουβών.

Χάρτες από τις παραπάνω μετρήσεις παρήχθησαν στο ArcGIS 10.2.2 (ESRI, Καλιφόρνια, ΗΠΑ). Παράλληλα, η στατιστική ανάλυση περιλάμβανε πίνακες συσχέτισης του Pearson και περιγραφική στατιστική για όλες τις μετρήσεις στο SPSS 23 (IBM Corp., Νέα Υόρκη, ΗΠΑ).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Η απόδοση παρουσίασε υψηλή παραλλακτικότητα (21%) μεταξύ των παραμέτρων της απόδοσης, ενώ η ολική οξύτητα με την παραμόρφωση της ράγας και την απόσπαση της ράγας παρουσίασαν πάνω από 10% παραλλακτικότητα μεταξύ των ποιοτικών παραμέτρων των σταφυλιών. Επιπλέον, υψηλή παραλλακτικότητα της ολικής οξύτητας επηρέασε τον δείκτης ωρίμανσης των σταφυλιών (31% παραλλακτικότητα) (Πίνακας 2).

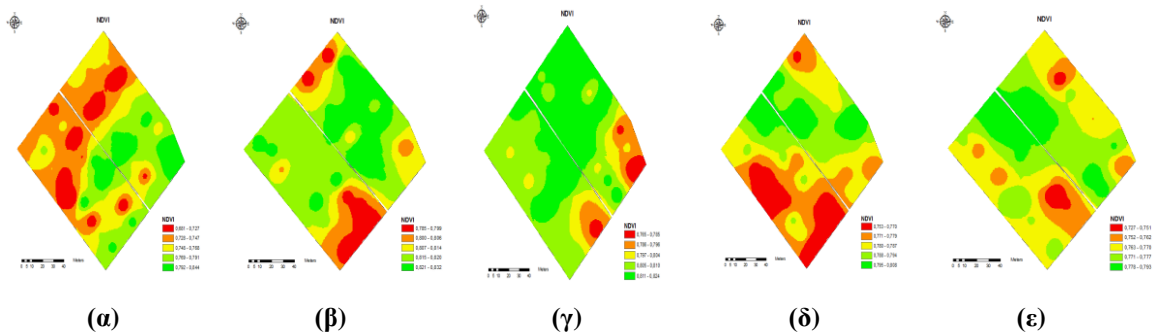
Το NDVI παρουσίασε συσχετίσεις με το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά και την αποκόλληση της ράγας πριν και κατά τη συγκομιδή στα τέλη της σεζόν (Πίνακας 3). Επιπλέον η εκτίμηση της ποιότητας σταφυλιών 2 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή μπορεί να δώσει μεγάλα οφέλη στον προγραμματισμό συγκομιδής και την ικανότητα αποθήκευσης των επιτραπέζιων σταφυλιών. Η εκτίμηση του pH μέσω του NDVI παρέχει επίσης μια έμμεση μέθοδο για την εκτίμηση της ικανότητας αποθήκευσης των σταφυλιών.



Σχήμα 2. Χάρτες της (α) απόδοσης, (β) ολικά διαλυτά στερεά, (γ) διαμέτρου ράγας, (δ) δείκτης ωρίμανσης σταφυλιών, (ε) συμπίεση ράγας και (στ) αποκόλληση ράγας.

Πίνακας 2. Περιγραφικά στατιστικά για τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας.

Παράμετροι	Min	Max	Mean	CV (%)
Απόδοση (kg/στρ.)	1,408	3,843	2,520	21%
Διάμετρος ράγας (mm)	24	28	26	3%
Βάρος ράγας (g)	10,97	13,79	12,62	6%
Βάρος Χυμού ράγας (g)	5,81	8,04	6,94	9%
pH	3,56	3,93	3,79	2%
Ολικά διαλυτά Στερεά (°Brix)	15,7	20,9	18,2	7%
Ολική οξύτητα (%)	0,10	0,39	0,21	28%
Δείκτης Ωρίμανσης	45	209	92	31%
Συμπίεση Ράγας (N/mm)	1,91	3,23	2,48	13%
Αποκόλληση Ράγας (N)	8,89	14,37	11,67	12%



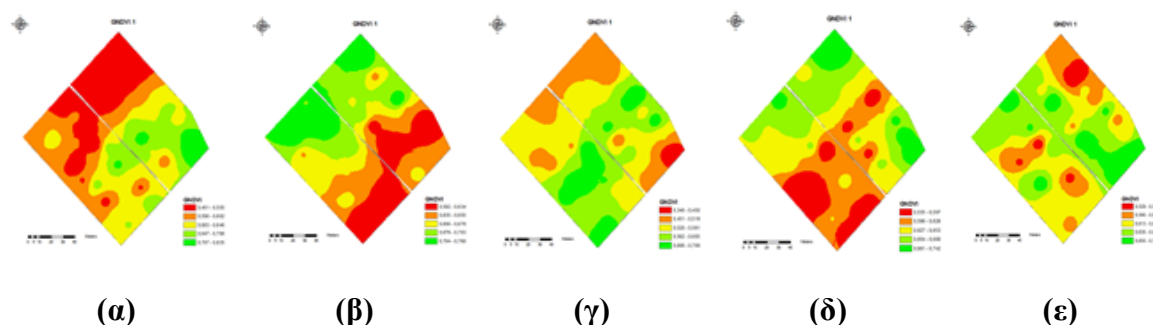
Σχήμα 3. NDVI χάρτες στις (α) 23/6/2015, (β) 18/7/2015, (γ) 30/7/2015, (δ) 15/8/2015 και (ε) 1/9/2015.

Πίνακας 3. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDVI με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας επιτραπέζιων σταφυλιών.

	NDVI 23/6	NDVI 18/7	NDVI 30/7	NDVI 15/8	NDVI 1/9
Απόδοση	-0.004	0.122	0.052	0,266	0.205
Διάμετρος Ράγας	-0.021	0.072	-0.064	-0.125	-0.219
Βάρους Ράγας	-0.211	0.115	-0.023	0.069	-0.198
Βάρος Χυμού	-0.210	-0.037	0.185	0.304	0.019
pH	0.056	-0.116	-0.108	-0.451* *	-0.363*
Ολικά Διαλυτά Στερεά	-0.254	0.107	0.281	0.429* *	0.064
Ολική Οξύτητα	-0.216	0.052	0.315	-0.095	0.223
Δείκτης Ωρίμανσης	0.070	0.034	-0.144	0.179	-0.099
Συμπύεση Ράγας	-0.088	0.013	0.304	0.312	0.113
Αποκόλληση Ράγας	-0.144	-0.019	-0.234	0.421*	0.215

** . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0.01 (2-tailed).

* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05 (2-tailed).



Σχήμα 4. GNDVI 1 χάρτες στις (α) 23/6/2015, (β) 18/7/2015, (γ) 30/7/2015, (δ) 15/8/2015 και (ε) 1/9/2015.

GNDVI1 και GNDVI2 παρουσιάζουν σχεδόν τις ίδιες συσχετίσεις με το βάρος του χυμού, τα ολικά διαλυτά στερεά, το pH και την αποκόλληση της ράγας κατά την ίδια ημερομηνία (18/7/2015 και 15/8/2016). Μόνο στις 23/6/2015 παρουσιάζουν διαφορετικές συσχετίσεις όπου το GNDVI1 συσχετίστηκε με τα ολικά διαλυτά στερεά, ενώ το GNDVI2 συσχετίστηκε με τη ολική οξύτητα (Πίνακας 5). Παρά τη διαπίστωση αυτή οι διαφορετικοί δείκτες GNDVI δεν παρουσιάζουν άλλη διαφορά που

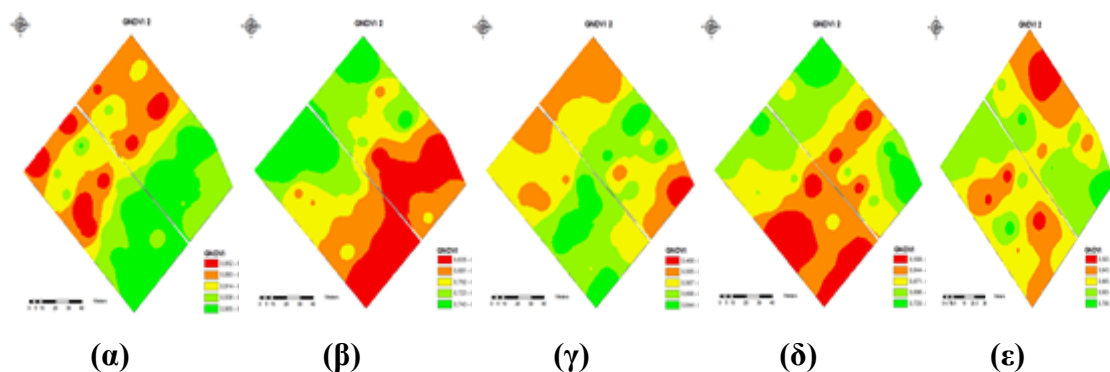
υποδηλώνει ότι η χρήση στενών φασματικών καναλιών στο πράσινο έχει περιορισμένες δυνατότητες στην εκτίμηση των παραμέτρων διαφόρων καλλιεργειών.

Πίνακας 4. Συσχέτισης του Pearson μεταξύ GNDVI1 με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας επιτραπέζιων σταφυλιών.

	GNDVI1 23/6	GNDVI1 18/7	GNDVI1 30/7	GNDVI1 15/8	GNDVI1 1/9
Απόδοση	-0.058	0,025	-0.246	0,257	0.090
Διάμετρος Ράγας	0.026	0.172	-0.162	-0.059	-0.036
Βάρους Ράγας	-0.158	0.279	-0.168	0,045	-0.102
Βάρος Χυμού	-0.295	0.484**	-0.033	0.163	-0.117
pH	0.146	-0.112	0.228	-0.522**	-0.052
Ολικά Διαλυτά Στερεά	-0.390*	0.328	0.235	0.030	-0.253
Ολική Οξύτητα	-0.190	0,013	0,246	-0.263	-0.192
Δείκτης Ωρίμανσης	0.090	0.067	-0.133	0.182	0.205
Συμπύεση Ράγας	-0.304	0.298	0,004	-0.055	-0.141
Αποκόλληση Ράγας	-0.294	0.462**	-0.077	0,150	-0.191

** . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0.01 (2-tailed).

* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05 (2-tailed).



Σχήμα 5. GNDVI 2 χάρτες στο (α) 23/6/2015, (β) 18/7/2015, (γ) 30/7/2015, (δ) 15/8/2015 και (ε) 1/9/2015.

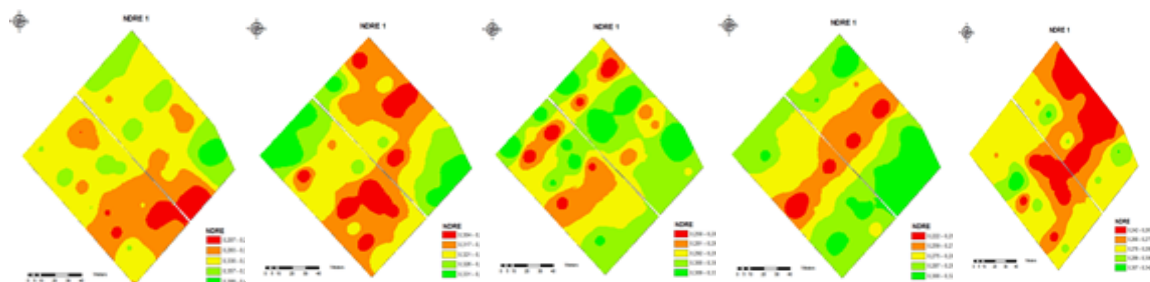
Πίνακας 5. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ GNDVI2 με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας επιτραπέζιων σταφυλιών.

	GNDVI2 23/6	GNDVI2 18/7	GNDVI2 30/7	GNDVI2 15/8	GNDVI2 1/9
Απόδοση	0.020	0,032	-0.237	0.260	0.101
Διάμετρος Ράγας	-0.026	0.168	-0.159	-0.045	-0.050
Βάρους Ράγας	-0.228	0.271	-0.161	0,062	-0.100
Βάρος Χυμού	-0.268	0.476**	-0.036	0.159	-0.139
pH	0,012	-0.117	0.229	-0.521**	-0.064
Ολικά Διαλυτά Στερεά	-0.166	0.336*	0.236	-0.031	-0.273
Ολική Οξύτητα	-0.339*	0.009	0.247	-0.270	-0.183
Δείκτης Ωρίμανσης	0.279	0,070	-0.134	0.187	0.179
Συμπύεση Ράγας	-0.290	0.296	0,004	-0.067	-0.193
Αποκόλληση Ράγας	-0.252	0.458**	0.076	0.145	-0.188

** . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0.01 (2-tailed).

* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05 (2-tailed).

Τα NDRE1 και NDRE2 δεν παρουσίασαν καμία συσχέτιση με τις ίδιες παραμέτρους για την ίδια ημερομηνία που υποδηλώνει ότι αυτοί οι δύο φασματικοί δείκτες θα μπορούσαν να συνεργαστούν στην παροχή διαφορετικών πληροφοριών. Συγκεκριμένα, το NDRE1 συσχετίστηκε με το pH και την ολική οξύτητα, ενώ το NDRE2 παρουσίασε συσχέτιση με τα ολικά διαλυτά στερεά, το pH, το βάρος του χυμού και την αποκόλληση της ράγας (πίνακες 6 και 7). Επίσης, αυτό αποδεικνύει ότι απαιτούνται περισσότερες μελέτες στα στενά κανάλια του οριακού κόκκινου φάσματος.



(α) (β) (γ) (δ) (ε)

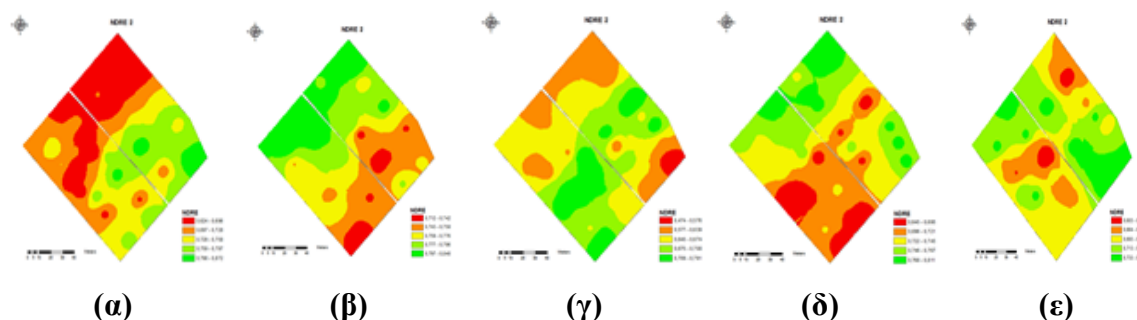
Σχήμα 6. NDRE1 χάρτες στις (α) 23/6/2015, (β) 18/7/2015, (γ) 30/7/2015, (δ) 15/8/2015 και (ε) 1/9/2015.

Πίνακας 6. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDRE1 μετρήσεις με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας επιτραπέζιων σταφυλιών.

	NDRE1 23/6	NDRE1 18/7	NDRE1 30/7	NDRE1 15/8	NDRE1 1/9
Απόδοση	0.056	0.097	0.096	0.250	0,143
Διάμετρος Ράγας	-0.017	-0.115	-0.177	-0.254	-0.151
Βάρους Ράγας	-0.063	-0.050	-0.018	-0.254	0.023
Βάρος Χυμού	-0.008	-0.009	0.104	-0.125	-0.154
pH	-0.386*	-0.031	-0.104	-0.266	0,078
Ολικά Διαλυτά Στερεά	0.022	-0.252	0.119	-0.300	-0.270
Ολική Οξύτητα	0.077	0.102	0.009	-0.461**	0.043
Δείκτης Ωρίμανσης	-0.106	-0.157	0,012	0,227	-0.091
Συμπύεση Ράγας	0.037	-0.049	0.006	-0.204	-0.132
Αποκόλληση Ράγας	0.225	0.120	0.158	-0.203	-0.029

** . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0.01 (2-tailed).

* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05 (2-tailed).



Σχήμα 7. NDRE2 χάρτες στις (α) 23/6/2015, (β) 18/7/2015, (γ) 30/7/2015, (δ) 15/8/2015 και (ε) 1/9/2015.

Πίνακας 7. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDRE2 με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας επιτραπέζιων σταφυλιών.

	NDRE2 23/6	NDRE2 18/7	NDRE2 30/7	NDRE2 15/8	NDRE2 1/9
Απόδοση	-0.047	0,042	-0.232	0.268	0.328
Διάμετρος Ράγας	0.033	0.158	-0.171	-0.048	-0.047
Βάρους Ράγας	-0.159	0.271	-0.171	0,079	-0.022
Βάρος Χυμού	-0.266	0.482**	-0.022	0.204	0.080
pH	0.164	-0.165	0.213	-0.580**	-0.022
Ολικά Διαλυτά Στερεά	-0.337*	0.313	0.267	0.088	-0.050
Ολική Οξύτητα Δείκτης	-0.202	-0.031	0.247	-0.249	-0.115
Ωρίμανσης	0.117	0.090	-0.120	0.203	0.203
Συμπύεση Ράγας	-0.269	0.305	0.033	0,025	0,008
Αποκόλληση Ράγας	-0.269	0.445**	0.101	0.230	-0.004

** . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0.01 (2-tailed).

* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05 (2-tailed).

Συμπεράσματα

Οι δείκτες βλάστησης μπορεί να είναι μια ασφαλής μέθοδος για την εκτίμηση του pH των επιτραπέζιων σταφυλιών και έτσι να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με ικανότητα αποθήκευσης του προϊόντος. Ωστόσο, οι διαφορετικοί δείκτες βλάστησης παρέχουν διαφορετική εκτίμηση στις ποιοτικές παραμέτρους των επιτραπέζιων σταφυλιών. Η διαφορετική ευαισθησία για την εκτίμηση των παραμέτρων ποιότητας των επιτραπέζιων σταφυλιών παρουσιάστηκε μεταξύ των ίδιων φασματικών δεικτών βλάστησης, γεγονός που υποδηλώνει ότι η υπερφασματική τηλεπισκόπηση μπορεί να παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα σε σύγκριση με τους πολυφασματικούς αισθητήρες. Οι παράμετροι της απόδοσης δεν συσχετίστηκαν με κανέναν από τους φασματικούς δείκτες βλάστησης. Αυτό οφειλόταν στο γεγονός ότι ο γεωργός διεξήγαγε πολλές αγροτικές εργασίες που μείωσε τη χωρική παραλλακτικότητα η οποία προκαλείται από το έδαφος και την τοπογραφία. Χρειάζονται άλλες προσεγγίσεις για την εκτίμηση των παραμέτρων απόδοσης όπως ανίχνευση με χρήση καμερών και εναέρια υψηλής ανάλυσης απεικόνιση χρησιμοποιώντας πολυφασματικές και/ή υπερφασματικές κάμερες. Αυτή η μελέτη έδειξε ότι η ορθή χρήση των φασματικών δεικτών βλάστησης

2^ο Συνέδριο Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και Χωρικής Ανάλυσης στη Γεωργία και στο Περιβάλλον, Αθήνα, 25 & 26 Μαΐου 2017. ISBN: 978-960-6806-21-6

μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα των επιτραπέζιων σταφυλιών.

VALIDATION OF 5 SPECTRAL VEGETATION INDICES IN ESTIMATING YIELD AND QUALITY PARAMETERS ON TABLE GRAPES USING A SIDE CANOPY SENSOR

Anastasiou Evangelos^{a*}, Kounani Kalliopi, Tzouvaras Spyros^a, Balafoutis Athanasios^a, Templalexis Charalampos^a, Lentzou Diamanto^a, Tsiropoulos Zisis^a, Xanthopoulos Georgios^a, Fountas Spyros^a

^a: Agricultural University of Athens, Department of Natural Resource Management and Agricultural Engineering, Iera Odos 75, 11845 Athens, Greece
(evangelos_anastasiou@aua.gr)

Abstract

Table grapes are used in human diet since ancient times. However agronomical practices and field conditions strongly affect table grapes in terms of quantity and quality characteristics. Precision Viticulture (PV) is the temporal and spatial allocation of inputs for crop production using electronic monitoring and control applied to data collection, information processing and decision support. PV has shown quickly adoption in vineyards with winegrape varieties due to the high mechanization level that they present. Optical remote sensing offers a robust and accurate estimation of crop parameters. SVIs are mathematical quantitative combinations of the absorption and scattering rates of plants in different bands of the electromagnetic spectrum. The aim of the present study was to assess the effectiveness of different spectral vegetation indices in predicting table grape yield and quality parameters in a field that receives high number of agricultural operations. For this reason 5 spectral vegetation indices were used on a commercial table grape vineyard (*Vitis vinifera* cv. Thompson seedless). Strong correlations were found between spectral vegetation indices on predicting different quality parameters such as pH (Pearson Correlation $r=-0.580$ for $p<0.01$), sugar content (Pearson Correlation $r=0.429$ for $p<0.01$) and titratable acidity (Pearson Correlation $r=-0.461$ for $p<0.01$). On the contrary, the results showed no correlation between spectral vegetation indices and yield parameters. It is suggested that different spectral vegetation indices should be used for estimating different quality parameters on table grapes while high number of manual operations are responsible for the absence of correlation between spectral vegetation indices and yield parameters.

Keywords: Table Grapes, Precision Viticulture, NDVI, NDRE, GNDVI.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον συνεταιρισμό Πήγασος και ειδικά τον Δημήτρη Θεοδώρου για την συνεισφορά του στις μετρήσεις αγρού.

Βιβλιογραφία

- Baluja, J., Diago M.P., Goovaerts P., and J. Tardaguila. 2012. Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor Relationships with vine vigour and yield. *Precision Agriculture*. 13: 457-472.
- Bongiovanni, R. 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*. 5: 359-387.
- Fountas, S., Anastasiou E., Balafoutis A., Koundouras S., Theoharis S. and N. Theodorou. 2014. The influence of vine variety and vineyard management on the effectiveness of canopy sensors to predict winegrape yield and quality. In *International Conference of Agricultural Engineering (AgEng 2014)*. Zurich, Switzerland, 6-10 July 2014.
- Fountas, S., Anastasiou E., Xanthopoulos G., Lambrinos G., Manolopoulou E., Apostolidou S., Lentzou D., and Z. Tsiropoulos. 2015. Precision Agriculture in watermelons. In *10th European Conference on Precision Agriculture (ECPA 2015)*. Tel Aviv, Israel, July 12-16. 207-216.
- Hall, A., Lamb D.W., Holzapfel B.P., and J.P. Louis. 2011. Within-season temporal variation in correlations between vineyard canopy and winegrape composition and yield. *Precision Agriculture*. 12: 103-117.
- Inman, D., Khosla R., Reich R., and D.G. Westfall, 2008. Normalized Difference vegetation Index and Soil Color-Based Management Zones in Irrigated Maize. *Agronomy Journal*. 100(1): 60-66.
- Kazmierski, M., Glemas P., Rousseau J., and B. Tisseyre. 2011. Temporal stability of within field patterns of NDVI in non irrigated Mediterranean vineyards. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 45: 61-73.
- Kelany, A.E., Abdel-Wahab S.M., Abdel-Hafeez A.A., and I.A. Emam. 2011. Effect of Pre-Harvest Treatments on Cluster Quality of “Flame Seedless” Table Grape Cultivar During Cold Storage. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 3(1): 11-21.
- Kitchen, N.R., Sudduth K.A., Myers D. B., Drummond S.T., and S.Y. Hong. 2005. Delineating productivity zones on claypan soil fields apparent soil electrical conductivity. *Computers and Electronics in Agriculture*. 46: 285-308.
- Moral, F.J., Terron J.M., and J.R. Marques da Silva. 2010. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil and Tillage Research*. 106: 335-343.
- Moran, M.S., Inoue Y., and E.M. Barnes. 1997. Opportunities and Limitations for Image-Based Remote Sensing in Precision Crop Management. *Remote Sensing of the Environment*. 61: 319-346.
- Panda, S.S., Ames D.P., and S. Panigrahi. 2010. Application of Vegetation Indices for Agricultural Crop Yield Prediction Using Neural Network Techniques. *Remote Sensing*. 2: 673-696.
- Vatsanidou, A., Fountas S., Nanos G., and T. Gemtos. 2014. Variable Rate Application of Nitrogen Fertilizer in a commercial pear orchard. *Fork to Farm: International Journal of Innovative Research and Practice*. 1(1).
- Wang, F.-M., Huang J.-F., Tang Y.-L., and X.-Z. Wang. 2007. New Vegetation Index and Its Application in Estimating Leaf Area Index of Rice. *Rice Science*. 14(3): 195-203.