

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ NDVI ΚΑΙ ΤΟΥ NDRE ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ**

**Αναστασίου Ευάγγελος<sup>a\*</sup>, Ζαχαριουδάκη Εμμανουέλα<sup>a</sup>, Μανωλάκη Σοφία<sup>a</sup>, Βασιλείου Πέννυ<sup>a</sup>, Τζουβάρας Σπύρος<sup>a</sup>, Κουνάνη Καλλιόπη<sup>a</sup>, Μπαλαφούτης Αθανάσιος<sup>a</sup>, Φουντάς Σπύρος<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα  
([evangelos\\_anastasiou@aua.gr](mailto:evangelos_anastasiou@aua.gr))

**Περίληψη**

Το κύριο αντικείμενο στην αμπελουργία ακριβείας συμπίπτει με τους γενικούς στόχους της Γεωργίας Ακριβείας, δηλαδή την κατάλληλη γεωχωρική διαχείριση των αμπελώνων, σε συνδυασμό με την αύξηση των οικονομικών εσόδων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην Αμπελουργία Ακριβείας. Η τηλεπισκόπηση έχει ως σκοπό να συλλέξει πληροφορίες για ένα αντικείμενο ή μια περιοχή, χωρίς να έρθει σε επαφή, κάτι το οποίο γίνεται με εδαφικούς αισθητήρες, δορυφόρους ή αεροφωτογραφίες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι δείκτες βλάστησης που είναι μαθηματικοί συνδυασμοί καναλιών (φασματικών περιοχών), όπως ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση δύο δεικτών βλάστησης (δείκτες NDVI, NDRE) στην μη καταστροφική εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών δύο οινοποιήσιμων λευκών ποικιλιών. Οι δύο διαφορετικές λευκές οινοποιήσιμες ποικιλίες ήταν η Μαλαγουζιά και το Σαββατιανό. Η χαρτογράφηση της ζωηρότητας της βλάστησης έγινε με την χρήση αισθητήρα φυλλώματος σε διάφορα στάδια του ετήσιου κύκλου των φυτών της αμπέλου και στις δύο ποικιλίες με την μέτρηση των δεικτών βλάστησης και σκοπό την συσχέτισή τους με βασικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά. Οι μετρήσεις του NDVI παρουσίασαν χαμηλή παραλλακτικότητα (έως 6.4% στο Σαββατιανό και 3.8% στην Μαλαγουζιά). Οι δείκτες βλάστησης NDVI και NDRE εμφάνισαν σημαντική συσχέτιση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της Μαλαγουζιάς ( $r=0.762$ ,  $p<0.01$  για το NDRE με το pH του μούστου και  $r=0.519$ ,  $p<0.05$  για το NDVI με την συγκέντρωση σε σάκχαρα). Ενώ στο Σαββατιανό ο δείκτης βλάστησης NDVI εμφάνισε υψηλή αρνητική συσχέτιση με την συγκέντρωση σε σάκχαρα του μούστου ( $r=-0.714$ ,  $p<0.01$ ) σε αντίθεση με το NDRE που εμφάνισε θετική ( $r=0.622$ ,  $p<0.01$ ). Συμπερασματικά, οι δείκτες βλάστησης συσχετίζονται άμεσα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μούστου και μέσω της μη

καταστροφικής μεθόδου εκτίμησης μπορεί να προσδιοριστεί η ανάγκη ή μη των ζυμών σε άζωτο έτσι ώστε να υλοποιηθεί απρόσκοπτα η οινοποίηση.

**Λέξεις - κλειδιά:** NDVI, NDRE, χαρτογράφηση παραλλακτικότητας, οινοποιήσιμη ποικιλία, αμπελουργία ακριβείας

### **Εισαγωγή**

Η Αμπελουργία ακριβείας (Α.Α.) ορίζεται ως η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας (Γ.Α.) σε αμπελώνες και περιλαμβάνει τη διαχείριση τους μέσω μιας επαναλαμβανόμενης κυκλικής διαδικασίας (Bramley et al., 2005). Το κύριο αντικείμενο στην Α.Α. συμπίπτει, κατ' ουσία, με τους γενικούς στόχους της Γ.Α., δηλαδή την κατάλληλη διαχείριση των διακυμάνσεων, που προαναφέρθηκαν, στις καλλιέργειες αμπέλου, σε συνδυασμό με την αύξηση των οικονομικών εσόδων και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Agnó et al., 2009). Για τον σκοπό αυτό δημιουργούνται ζώνες διαχείρισης όπου οι επιδράσεις του εδάφους και άλλων αβιοτικών παραγόντων σε παραμέτρους της αμπέλου (απόδοση, ευρωστία, σύνθεση σταφυλιών) θεωρείται παρόμοιες εντός αυτών των ζωνών (Kitchen et al., 2005). Κατά τους Moral et al. (2010) οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικά δεδομένα όπως δεδομένα ανύψωσης, pH του εδάφους, ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και υφή του εδάφους. Οι Inman et al. (2008) χρησιμοποίησαν φασματικούς δείκτες βλάστησης που προέρχονται από την οπτική τηλεπισκόπηση για να δημιουργήσουν ζώνες διαχείρισης.

Η οπτική τηλεπισκόπηση αποτελεί μια μη καταστρεπτική μέθοδος και κατά συνέπεια παρέχει μια γρήγορη και ακριβή εκτίμηση των παραμέτρων των καλλιεργειών επειδή αποδείχτηκε ότι παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από τις καταστρεπτικές μεθόδους (Moran et al., 1997). Οι Panda et al. (2010) αναφέρουν ότι 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). Ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί αισθητήρες όπως εγγύς, εναέριοι και δορυφορικοί αισθητήρες για την παραγωγή δεικτών βλάστησης σε αμπελώνες με σκοπό να αξιολογήσουν τις παραμέτρους καλλιέργειας (Hall et al., 2011; Baluja et al, 2012).

Έτσι, η χρήση των δεικτών βλάστησης είναι σημαντική στην Α.Α. Οι Best κ.α (2005) σύγκριναν εργαλεία τηλεπισκόπησης με εδαφικές ιδιότητες για την εκτίμηση παραγωγής

και ποιότητας των σταφυλίων σε αμπελώνα στην Χιλή. Κατέληξαν πως ο δείκτης NDVI που υπολογίστηκε μέσω τηλεπισκόπησης αποτελεί χρήσιμη παράμετρο σε αντίθεση με τις εδαφικές ιδιότητες που έδειξαν χαμηλή συσχέτιση με την παραγωγή. Οι Martinez-Casasnovas et al. (2012) δημιούργησαν ζώνες ανάλογα με την ποιότητα οινοποιήσιμων σταφυλίων χρησιμοποιώντας δεδομένα χαρτογράφησης του δείκτη NDVI και της παραγωγής της αμπέλου με στόχο την πραγματοποίηση επιλεκτικής συγκομιδής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, οι ζώνες που προήλθαν από τους χάρτες NDVI ήταν αποτελεσματικότερες στην αποτύπωση της διαφοροποίησης ποιότητας των σταφυλίων σε σχέση με τις ζώνες που προήλθαν από την χαρτογράφηση της παραγωγής. Όμως, οι Kazmierski et al. (2011) απέδειξαν ότι δεν είναι σταθερή η επίδοση του NDVI σχετικά με την εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων ενός αμπελώνα. Ενώ ο μεγάλος αριθμός των γεωργικών εργασιών σε ένα έτος ελαχιστοποιεί τη χωρικής παραλλακτικότητα στον τομέα που εκφράζεται από το NDVI (Fountas et al., 2014). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση δύο δεικτών βλάστησης (δείκτες NDVI, NDRE) στην μη καταστροφική εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών σε δύο οινοποιήσιμες λευκές ποικιλίες (Μαλαγουζιά και Σαββατιανό).

### **Υλικά και μέθοδοι**

Η μελέτη διεξήχθη σε δυο αμπελώνες με λευκές οινοποιήσιμες ποικιλίες στο κτήμα Μάτσα εγκατεστημένος στην περιοχή της Κάντζας του νομού Αττικής το 2015. Οι δύο διαφορετικές λευκές οινοποιήσιμες ποικιλίες που μελετήθηκαν ήταν η Μαλαγουζιά και το Σαββατιανό. Ο πειραματικός αμπελώνας της Μαλαγουζιάς ήταν μη αρδευόμενος, έκτασης 10 στρεμμάτων και για την διεξαγωγή του πειράματος ο αμπελώνας χωρίστηκε σε 20 κελιά και έκτασης 500 m<sup>2</sup>. Ενώ ο πειραματικός αμπελώνας του Σαββατιανού ήταν έκτασης 10 στρεμμάτων χωρίστηκε σε 21 κελιά παρόμοιας έκτασης (Σχήμα 1).



**(α)**



**(β)**

### Σχήμα 1. Χάρτης πλέγμα για δειγματοληψία σταφυλιών για (α) Μαλαγουζιά και (β) Σαββατιανό

Η χαρτογράφηση των χαρακτηριστικών βλάστησης έγινε με την χρήση του αισθητήρα φυλλώματος CropCircle (Holland Scientific Inc., Lincoln, NE, USA), με σκοπό την αξιολόγηση της ζωηρότητας του φυλλώματος στα διάφορα στάδια του ετήσιου κύκλου των φυτών της αμπέλου και στις δύο ποικιλίες. Ο αισθητήρας έχει την δυνατότητα μέτρησης των δεικτών βλάστησης NDVI και NDRE (Πίνακας 1). Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 8 μετρήσεις στην Μαλαγουζιά και 10 στο Σαββατιανό με την χρήση αυτού του αισθητήρα. Κατά την διάρκεια του τρύγου, πραγματοποιήθηκε συλλογή 100 ραγών από κάθε κελί αλλά πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα η καταγραφή της παραγωγής σε κάθε τμήμα του αμπελώνα. Στην συνέχεια ακολούθησαν οι εργαστηριακές αναλύσεις των σταφυλιών για την μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του μούστου. Στον παραγόμενο μούστο έγιναν οι αναλύσεις των ολικών διαλυτών στερεών (<sup>ο</sup>Brix) της ολικής οξύτητας (g τρυγικού οξέος/L) και ενεργής οξύτητας (pH). Επίσης αναλύθηκε το αμμωνιακό άζωτο (mgN/L) και το άζωτο των βασικών αμινοξέων (mgN/L) των ώριμων ραγών που συλλέχτηκαν.

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

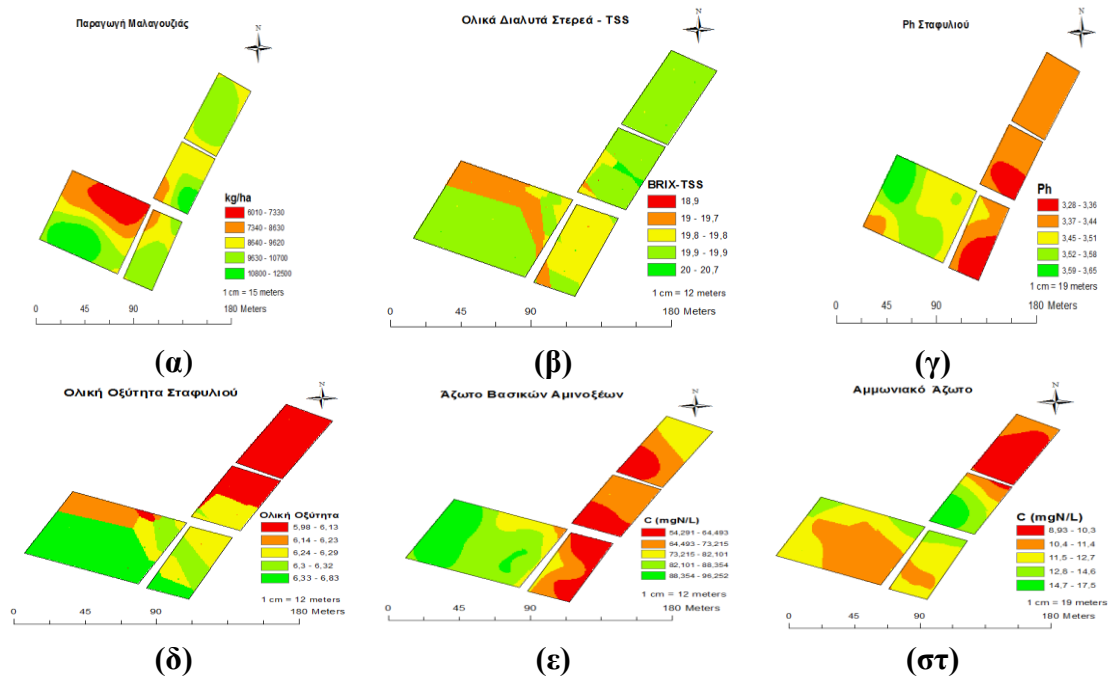
Δείκτης βλάστησης φασματική	Εξίσωση
NDVI	$NDVI = (\rho_{760} - \rho_{670}) / (\rho_{760} + \rho_{670})$
NDRE	$NDRE = (\rho_{760} - \rho_{730}) / (\rho_{760} + \rho_{730})$

Η χαρτογράφηση των δεδομένων έγινε με το λογισμικό ArcGIS (ESRI Inc., USA) και η στατιστική ανάλυση έγινε μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS (IBM Inc., USA), και περιλάμβανε τα περιγραφικά στατιστικά και τη συσχέτιση κατά Pearson.

### Αποτελέσματα και συζήτηση

#### Μαλαγουζιά

Η παραγωγή στην Μαλαγουζιά παρουσίαζε διακύμανση άνω του 20% στο σύνολο των μετρήσεων ενώ την ίδια εικόνα παρουσίασαν οι συγκεντρώσεις σε αμμωνιακό άζωτο και άζωτο βασικών αμινοξέων (παραλλακτικότητα 39% και 20% αντίστοιχα) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 ενώ το Σχήμα 2 δείχνει την παραλλακτικότητα στον αμπελώνα με μορφή χαρτών για τις διάφορες παραμέτρους. Ενώ τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μούστου σημείωσαν παραλλακτικότητα μικρότερη από 15% (ολικά στερεά διαλυτά 5%, pH 3% και ολική οξύτητα 11%).



Σχήμα 2. Χάρτες στην Μαλαγουζιά για (α) απόδοση, (β) ολικά διαλυτά στερεά, (γ) pH, (δ) ολική οξύτητα, (ε) N βασικών αμινοξέων και (στ) αμμωνιακό N.

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

Παράμετροι	Min	Max	Mean	CV (%)
Παραγωγή (kg/ha)	5461	13071	9740	21%
pH Μούστου	3,28	3,65	3,45	3%
Ολικά Διαλυτά Στερεά (°Brix) Μούστου	18,2	21,8	19,93	5%
Ολική οξύτητα (g/L Μούστου)	5,25	8,40	6,25	11%
Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών (mg N/L)	6,13	27,47	11,52	39%
Άζωτο Βασικών Αμινοξέων Ραγών (mg N/L)	48,45	100,20	76,06	20%

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

NDVI	Απόδοση	Ολικά διαλυτά Στερεά	pH	Ολική Οξύτητα	Άζωτο Βασικών Αμινοξέων	Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών
22/05/15	-0,232	-0,103	<b>0,583**</b>	0,115	<b>0,561*</b>	-0,067
01/06/15	0,258	0,358	-0,246	-0,135	-0,044	-0,178
20/06/15	0,121	0,141	<b>-0,483*</b>	-0,074	-0,441	-0,131
11/07/15	0,018	-0,171	0,045	0,261	0,014	0,265
14/07/15	0,025	-0,195	<b>0,615**</b>	-0,250	<b>0,571**</b>	0,017
16/07/15	0,484	<b>0,519**</b>	-0,210	-0,037	0,040	-0,231
21/07/15	0,200	-0,439	0,368	-0,138	0,267	0,077
25/07/15	0,308	0,005	<b>0,540**</b>	-0,354	<b>0,520*</b>	-0,172

\*\* . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0,01.

\* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05.

**Πίνακας 4. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDRE με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας σταφυλιών στην Μαλαγουζιά.**

NDRE	Απόδοση	Ολικά διαλυτά Στερεά	pH	Ολική Οξύτητα	Άζωτο Βασικών Αμινοξέων	Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών
22/05/15	0,012	-0,234	0,051	0,320	0,025	0,182
01/06/15	0,079	0,290	-0,379	-0,003	-0,298	0,056
20/06/15	-0,004	0,123	0,170	0,097	0,103	-0,185
11/07/15	-0,051	-0,157	0,284	-0,244	0,146	0,004
14/07/15	-0,083	-0,135	0,431	-0,103	<b>0,446*</b>	0,228
16/07/15	-0,128	0,050	-0,314	0,138	-0,170	0,068
21/07/15	-0,287	-0,436	<b>0,762**</b>	-0,035	<b>0,479*</b>	0,009
25/07/15	-0,366	0,297	0,417	0,121	0,348	0,146

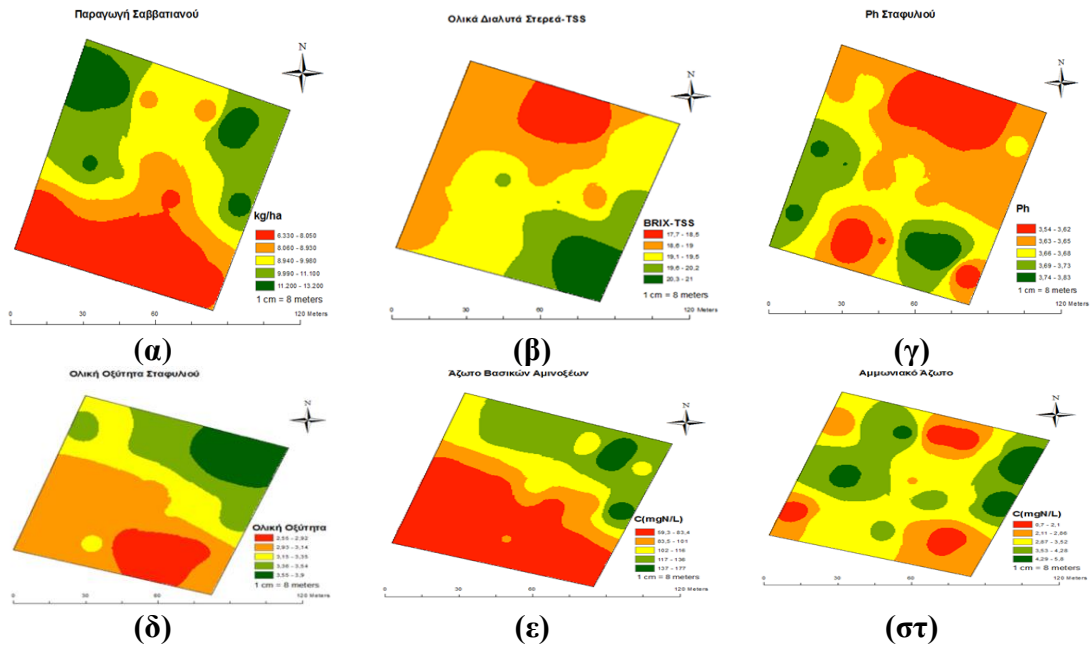
\*\* . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0,01.

\* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05.

Οι δείκτες NDVI και NDRE σημείωσαν στατιστικώς σημαντική συσχέτιση κατά Pearson όσον αφορά το pH του μούστου με την υψηλότερη συσχέτιση να εμφανίζεται στο NDRE ( $r=0,762$  για  $p<0,01$ ) αν και το NDVI σημείωσε σημαντικές συσχετίσεις περισσότερες ημερομηνίες. Αντίθετα, το NDVI σημείωσε καλύτερες συσχετίσεις με την συγκέντρωση αζώτου που βρίσκεται στα βασικά αμινοξέα ( $r=0,571$  για  $p<0,01$ ) σε σχέση με το NDRE. Τέλος, παρουσίασε και θετική συσχέτιση με την συγκέντρωση σε σάκχαρα ( $r=0,519$  για  $p<0,01$ ) κάτι το οποίο δεν ισχύει για την περίπτωση του NDRE (Πίνακες 2 και 3).

### Σαββατιανό

Η παραγωγή στο Σαββατιανό παρουσίαζε διακύμανση άνω του 20% στο σύνολο των μετρήσεων ενώ την ίδια εικόνα παρουσίασαν οι συγκεντρώσεις σε αμμωνιακό άζωτο και άζωτο βασικών αμινοξέων (παραλλακτικότητα 43% και 33% αντίστοιχα) όπως φαίνεται στον Πίνακα 5 ενώ το Σχήμα 3 δείχνει την παραλλακτικότητα στον αμπελώνα με μορφή χαρτών για τις διάφορες παραμέτρους. Ενώ τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μούστου εμφάνισαν παραλλακτικότητα μικρότερη από 15% (ολικά στερεά διαλυτά 2%, pH 2% και ολική οξύτητα 11%). Κάτι το οποίο παρατηρήθηκε και στην Μαλαγουζιά όπως αναφέρεται πάνω.



Σχήμα 3. Χάρτες στο Σαββατιανό για (α)απόδοση, (β) ολικά διαλυτά στερεά, (γ) pH, (δ) ολική οξύτητα, (ε) N βασικών αμινοξέων και (στ) αμμωνιακό N.

Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά για τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας στο Σαββατιανό.

Παράμετροι	Min	Max	Mean	CV (%)
Παραγωγή (kg/ha)	6334	13162	9284	22%
pH Μούστου	3,54	3,83	3,66	2%
Ολικά διαλυτά Στερεά (°Brix) Μούστου	17,7	21,0	19,15	4%
Ολική οξύτητα (g/L Μούστου)	2,55	3,90	3,20	11%
Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών (mg N/L)	0,70	5,80	3,24	43%
Άζωτο Βασικών Αμινοξέων Ραγών (mg N/L)	59,30	177,50	97,17	33%

Πίνακας 6. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDVI με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας σταφυλιών στο Σαββατιανό.

NDVI	Απόδοση	Ολικά διαλυτά Στερεά	pH	Ολική Οξύτητα	Άζωτο Βασικών Αμινοξέων	Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών
22/05/15	0,221	-0,325	0,124	-0,006	-0,068	0,048
01/06/15	0,281	0,025	0,295	-0,106	0,012	0,089
20/06/15	0,116	<b>-0,537*</b>	0,110	-0,084	-0,136	0,127
11/07/15	0,197	-0,176	0,006	-0,005	0,072	0,046
14/07/15	0,197	-0,342	-0,250	0,117	0,033	0,230
16/07/15	0,236	<b>-0,457*</b>	-0,266	0,262	0,025	0,082
21/07/15	0,350	<b>-0,510*</b>	0,004	0,192	0,161	0,040
25/07/15	0,374	<b>-0,714**</b>	-0,126	0,325	0,176	0,137
09/08/15	<b>0,636**</b>	-0,272	0,131	0,293	0,250	0,322
22/08/15	<b>0,615**</b>	<b>-0,542*</b>	0,384	<b>0,602**</b>	0,427	0,417

\*\* . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0,01.

\* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05.

Οι δείκτες NDVI και NDRE σημείωσαν στατιστικώς σημαντική συσχέτιση κατά Pearson όσον αφορά τα ολικά διαλυτά στερεά με την υψηλότερη συσχέτιση να εμφανίζεται με το NDVI ( $r=-0,714$  για  $p<0,01$ ). Οι δείκτες βλάστησης δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική συσχέτιση κατά Pearson με το pH του μούστου όπως ούτε στην συγκέντρωση σε άζωτο των βασικών αμινοξέων. Όμως οι δείκτες βλάστησης παρουσίασαν διαφορετικό βαθμό συσχέτισης με τις άλλες παραμέτρους. Συγκεκριμένα, ο δείκτης NDVI εμφάνισε στατιστικώς σημαντική θετική συσχέτιση κατά Pearson με την απόδοση και με την ολική οξύτητα του μούστου κάτι το οποίο δεν εμφάνισε ο δείκτης NDRE. Αντίθετα, ο δείκτης NDRE σημείωσε θετική συσχέτιση με την συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου στις ράγες ( $r=0,507$  για  $p<0,05$ ) κάτι το οποίο δεν εμφάνισε ο δείκτης NDRE (Πίνακες 6 και 7).

**Πίνακας 7. Συσχέτιση του Pearson μεταξύ NDRE με τις παραμέτρους απόδοσης και ποιότητας σταφυλιών στο Σαββατιανό.**

NDRE	Απόδοση	Ολικά διαλυτά Στερεά	pH	Ολική Οξύτητα	Άζωτο Βασικών Αμινοξέων	Αμμωνιακό Άζωτο Ραγών
22/05/15	-0,417	-0,338	-0,036	-0,389	-0,388	-0,176
01/06/15	-0,204	0,116	0,427	-0,179	-0,189	-0,270
20/06/15	-0,337	<b>0,622**</b>	-0,101	-0,277	-0,224	-0,085
11/07/15	0,291	<b>0,493*</b>	-0,189	0,018	0,041	<b>0,507*</b>
14/07/15	-0,083	0,058	0,072	-0,161	-0,185	0,058
16/07/15	0,235	0,126	0,087	-0,044	0,114	0,049
21/07/15	0,000	<b>0,571**</b>	-0,229	-0,011	-0,205	0,307
25/07/15	-0,024	<b>0,512**</b>	-0,113	-0,043	-0,209	0,313
09/08/15	-0,429	-0,216	-0,179	-0,198	-0,231	-0,167
22/08/15	0,109	0,173	-0,071	-0,111	-0,181	-0,012

\*\* . Συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο 0,01.

\* . Συσχετισμός είναι σημαντικές σε επίπεδο 0,05.

### Συμπεράσματα

Η συσχέτιση των δεικτών μας επιτρέπει να αναφέρουμε ότι η ζωηρότητα της βλάστησης συσχετίζεται άμεσα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μούστου και μέσω της μη καταστροφικής μεθόδου εκτίμησης των δεικτών βλάστησης NDVI και NDRE μπορεί να προσδιοριστεί η ανάγκη ή μη των ζυμών σε άζωτο έτσι ώστε να υλοποιηθεί απρόσκοπτα η οινοποίηση. Η κάθε ποικιλία παρουσίασε διαφορετικό βαθμό συσχέτισης μεταξύ των δεικτών βλάστησης και των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών. Προτείνεται η μη καταστροφική εκτίμηση της ποιότητας και ποσότητας παραγωγής με την χρήση δεικτών βλάστησης να λαμβάνουν υπόψιν και τον παράγοντα της ποικιλίας και του συστήματος καλλιέργειας για να παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα.



**EVALUATION OF NDVI AND NDRE IN ESTIMATION OF QUANTITY AND QUALITY PARAMETERS OF TWO DIFFERENT WINEGRAPE VARIETIES**  
**Anastasiou Evangelos<sup>a\*</sup>, Zaharioudaki Emmanouela<sup>a</sup>, Manolaki Sofia<sup>a</sup>, Vasileiou Penny<sup>a</sup>, Tzouvaras Spyros<sup>a</sup>, Kounani Kalliopi<sup>a</sup>, Balafoutis Athanasios<sup>a</sup>, Fountas Spyros<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>: Agricultural University of Athens, Department of Natural Resource Management and Agricultural Engineering, Iera Odos 75, 11845 Athens, Greece  
([evangelos\\_anastasiou@aia.gr](mailto:evangelos_anastasiou@aia.gr))

**Abstract**

The main objective in precision viticulture coincides with the general objectives of Precision Agriculture, which are the proper spatial management of vineyards, coupled with increased economic revenues and reduced environmental impact. Remote sensing is an important tool in Precision Viticulture. Remote sensing is designed to gather information about an object or area without contacting, which is done with proximal sensors, satellites or aerial imagery. For this reason vegetation indices are used which are mathematical combinations of spectral bands, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The purpose of this study was to evaluate two vegetation indices (NDVI, NDRE) in the non-destructive assessment of the qualitative and quantitative characteristics of two wine grape varieties. The two different white varieties were Malagousia and Savvatiano. Mapping of crop vigor was done by using a proximal canopy sensor at various crop stages of the annual cycle of the vine plants in both varieties by measuring the vegetation indices and aiming at correlating them with basic qualitative and quantitative characteristics. NDVI measurements showed low variation (up to 6.4% in Savvatiano and 3.8% in Malagouzia). The NDVI and NDRE vegetation indices showed a significant correlation with the quality characteristics of Malagouzia ( $r = 0.762$ ,  $p < 0.01$  for NDRE with the pH of the must and  $r = 0.519$ ,  $p < 0.05$  for NDVI with sugar concentration). While in the Savvatian the NDVI vegetation index showed a high negative correlation with the sugar content of the must ( $r = -0.714$ ,  $p < 0.01$ ) as opposed to the positive correlation of NDRE ( $r = 0.622$ ,  $p < 0.01$ ). In conclusion, the vegetation indices are directly correlated with the quality characteristics of the must while through non-destructives measurement the necessity or not of the doughs in nitrogen can be determined in order for the vinification process to proceed smoothly.

**Keywords:** NDVI, NDRE, spatial variability mapping, winegrape variety, precision viticulture

### Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το κτήμα Μάτσα για την συνεισφορά του στις μετρήσεις πεδίου.

### Βιβλιογραφία

- Arnó, J., Casasnovas, J. M., Dasi, M. R., and J. Rosell. 2009. Review. Precision viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 7: 779-790.
- 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.
- Best, S., León, L., and M. Claret. 2005. Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes. *Proceedings of the Fruits and nuts and vegetable production engineering TIC (Frutic05) Conference, Montpellier*. 249-258.
- Bramley, R., Proffitt, A., Hinze, C., Pearse, B., Hamilton, R., and J. Stafford. 2005. Generating benefits from Precision Viticulture through selective harvesting. *Proc V ECPA-Eur Conf on Precision Agriculture*. Uppsala, Sweden, June. 8-11.
- 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.
- 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.
- 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.
- Martinez-Casasnovas, J. A., Agelet-Fernandez, J., Arnó, J., and M. Ramos. 2012. Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10, 326-337.
- 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.