



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Αξιολόγηση ποικιλιών ξηρού φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L)  
σε περιβάλλον υδατικής καταπόνησης**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Ε. ΚΑΖΑΗ**

**Βόλος 2015**

Αξιολόγηση ποικιλιών ξηρού φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L.) σε περιβάλλον υδατικής καταπόνησης

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ. Ε. ΚΑΖΑΗ

#### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα:** Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Τμήμα ΓΦΠΑΠ

Γνωστικό αντικείμενο: Παραγωγή, Βελτίωση Σπόρων και Τεχνολογία Πολλαπλασιαστικού Υλικού Κηπευτικών και Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας

**Νικόλαος Δαναλάτος:** Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Τμήμα ΓΦΠΑΠ

Γνωστικό αντικείμενο: Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας

**Δημήτριος Βλαχοστέργιος:** Ερευνητής Γ' του ΙΚΦ&Β Λάρισας του "ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ"

Γνωστικό αντικείμενο: Γενετική Βελτίωση Κτηνοτροφικών Φυτών

|

Copyright © ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Ε. ΚΑΖΑΗ, 2015.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Η Φοιτήτρια

-----

Καζαή Παναγιώτα

## Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη συμβολή των καθηγητών και συναδέλφων μου. Θεωρώ λοιπόν ουσιαστική υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου, με τον δικό του τρόπο ο καθένας, και με βοήθησαν στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της τριμελούς επιτροπής που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους και έδειξαν εμπιστοσύνη στην προσπάθειά μου αυτή και με τους οποίους, αναπτύχθηκαν ισχυροί δεσμοί φιλίας και σεβασμού.

- Τον επιβλέποντα μου καθηγητή κο Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, για την επιστημονική και ηθική του στήριξη, την επιλογή του θέματος και τη συνεχή καθοδήγησή του για την βέλτιστη δομή της διατριβής μου. Επίσης θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου για την γενναιοδωρία με την οποία μου μετέδωσε τις γνώσεις του και κυρίως την αγάπη του για την έρευνα.
- Τον καθηγητή μου Νικόλαο Δαναλάτο για την άριστη συνεργασία, τις υποδείξεις του και την κριτική ανάγνωση του κειμένου.
- Τον ερευνητή Δρ. Δημήτριο Βλαχοστέργιο για την οργάνωση και συνεχή επίβλεψη του πειραματισμού και την ατελείωτη υπομονή του. Υπερέβαλε εαυτό πολλές φορές, ώστε να με καθοδηγήσει, παροτρύνει και συμβουλέψει, καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας μου. Η συμμετοχή του σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της μελέτης μου ήταν αναντικατάστατη.

Αμέριστος συμπαραστάτης μου ήταν ό Διευθυντής του ΙΚΦ&Β Λάρισας, ο ερευνητής Δρ. Χρίστος Τσαντήλας, ο οποίος στοχευμένα ασκούσε την κριτική του σκέψη κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής και υπήρξε αρωγός σε οποιαδήποτε συνδρομή του ζητήθηκε. Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται και σε όλο το προσωπικό του ΙΚΦ&Β και του ΙΧΤΕΛ για την βοήθειά τους και τις διευκολύνσεις που μου παρείχαν σε όλα τα στάδια του πειραματισμού.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον επίκουρο καθηγητή του εργαστηρίου Βιομετρίας κο Νάκα Χρήστο για την βοήθειά του στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων μου, την επίκουρο καθηγήτρια κα Περσεφόνη Γιαννούλη και την λέκτορα κα Ουρανία Παυλή για τις πολύτιμες συμβουλές τους καθώς και τον επίκουρο καθηγητή κο Ευάγγελο Βέλλιο για τις εποικοδομητικές μας συζητήσεις.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους συναδέλφους μου στο ΚΕΠΠΥΕΛ Καρδίτσας και στον προϊστάμενό μου Πλακιά Ευάγγελο για την συμπαράστασή τους, την

υπομονή και ανοχή τους. Χωρίς τη συνδρομή τους θα ήταν αδύνατο να ολοκληρωθεί η παρούσα διατριβή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσου θερμά τους γονείς μου και τους αδερφούς μου Ηλία και Βασίλη για την αμέριστη αγάπη τους και την ηθική τους συμπαράσταση.

Το μικρό αυτό ταξίδι στην έρευνα έφτασε στο τέλος του και ένα ή περισσότερα ευχαριστώ, μέσα από τις γραμμές αυτές, δεν μπορούν να εκφράσουν την ευγνωμοσύνη μου....

Τους ευχαριστώ όλους!!!

## Περίληψη

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύγχρονης γεωργίας είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του νερού. Το ξηρό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) είναι μια δυναμική εαρινή καλλιέργεια και ένα ιδιαίτερα δημοφιλές όσπριο με υψηλή διατροφική αξία. Η ποσότητα της διαθέσιμης υγρασίας αποτελεί τον κρίσιμο παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων ενώ επηρεάζει σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την εμπορικότητα του τελικού προϊόντος. Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθούν οι επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του ξηρού φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L.) και στο παραγωγικό δυναμικό τεσσάρων εμπορικών ποικιλιών. Σε πείραμα που εγκαταστάθηκε στο Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών αξιολογήθηκαν οι ποικιλίες Πυργετός, Ηρώ, τύπου Great Northern και Cannellino σε κανονικά επίπεδα άρδευσης και καταπόνηση. Οι ποικιλίες σπάρθηκαν 9/5/2014 σε σχέδιο υποδιαιρεμένων πειραματικών τεμαχίων με τρεις επαναλήψεις, όπου τα επίπεδα άρδευσης αποτέλεσαν τα κύρια τεμάχια και οι ποικιλίες τα υποτεμάχια. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε η πρωιμότητα των ποικιλιών, η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, το ύψος φυτού, ο αριθμός λοβών ανά φυτό, ο αριθμός σπόρων ανά λοβό, ο συντελεστής συγκομιδής και η απόδοση. Μετρήθηκαν επίσης το βάρος 1000 σπόρων, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά μήκος, ύψος και πλάτος σπόρου, η αύξηση και η ικανότητα ενυδάτωσης, το ποσοστό του περιβλήματος, ο χρόνος βρασμού, το pH των σπόρων και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Cannellino ήταν πρωιμότερη ακολουθούμενη από την Great Northern, τον Πυργετό και την Ηρώ. Η ποικιλία Ηρώ σημείωσε την μεγαλύτερη μείωση (-13,2%) στο ύψος ενώ η υδατική καταπόνηση μείωσε τον αριθμό λοβών/φυτό (-53,1%), τον αριθμό σπόρων/λοβό (-9,7%), το δείκτη συγκομιδής (-48,6%) και τη μέση απόδοση των ποικιλιών (-58,4%). Ως προς το παραγωγικό δυναμικό καταγράφηκε σημαντική παραλλακτικότητα μεταξύ των ποικιλιών. Η ποικιλία Cannellino έδειξε στοιχεία σταθερότητας καθώς έδωσε σημαντικά υψηλότερη απόδοση τόσο στη μεταχείριση της κανονικής άρδευσης (106,5 kg/στρ), όσο και στην συνθήκη της υδατικής καταπόνησης (65,4 kg/στρ). Η υδατική καταπόνηση μείωσε το βάρος 1000 σπόρων σε όλες τις ποικιλίες, σε ποσοστό 18,3%. Η ποικιλία Ηρώ ενώ στην κανονική άρδευση είχε το μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων (294gr), παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση (-27,2%) και η Great Northern τη μικρότερη (-4,6%). Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του σπόρου επηρεάστηκαν σε μικρότερο

βαθμό στην υδατική καταπόνηση και η ποικιλία Ηρώ παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση τόσο στο μήκος (-10,5%), όσο και στο πλάτος (-12,3%). Ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παρατηρήθηκε ότι αύξηση ενυδάτωσης δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση, αλλά μόνο από τον γενότυπο. Το ίδιο και το pH των σπόρων. Αντίθετα, η ικανότητα ενυδάτωσης παρουσίασε μέση μείωση -24,7%, με μέγιστη τιμή μείωσης (-45,6%) στην ποικιλία Ηρώ. Στην κατάσταση της καταπόνησης, παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση πρωτεϊνών, της τάξης του 11,6%, σε όλες τις ποικιλίες και κυρίως στην Ηρώ με αύξηση 22,4%, ενώ ο Πυργετός παρουσίασε τη μικρότερη αύξηση (6,7%). Στην ίδια μεταχείριση αύξηση παρατηρήθηκε στο ποσοστό του περιβλήματος (16,0%) αλλά και στον χρόνο βρασμού (26,8%). Συμπερασματικά, η υδατική καταπόνηση αποτελεί σημαντικό περιοριστικό παράγοντα της απόδοσης του ξηρού φασολιού ενώ, η επιλογή πρώιμων ποικιλιών με μικρό βιολογικό κύκλο θα μπορούσε να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης.

### **Λέξεις Κλειδιά**

Άρδευση, σπόρος, απόδοση, χρόνος βρασμού, πρωτεΐνες

## Summary

One of the biggest challenges of modern agriculture is to increase the efficiency of water use. Dry bean is a dynamic spring crop with sufficient income and a very popular legume with high nutritional value. The amount of available moisture is the crucial factor to achieve high yields while significantly affects the qualitative characteristics that determine the marketability of the final product. The aim of this work was to study the effect of water stress on yield and yield components and qualitative characteristics on four dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. In a field experiment that was established at the farm of Fodder Crops and Pastures Institute, cvs. Pirgetos, Iro, type of Great Northern and Cannellino evaluated under normal water level and stress. Cultivars were sown at 05/09/2014 in an split-plot experimental design with three replications. Irrigation levels were the main-plots and cultivars the sub-plots. The traits measured were earliness of cultivars, content of leaf chlorophyll, plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, Harvest Index and seed yield. Also measured weight of 1000 seeds, morphological characteristics of length, height, and seed width, hydration increase and capacity, seed coat proportion, cooking time, seed pH and protein content. It was observed that the cv. Cannellino flowered earlier followed by Great Northern, Pirgetos and Iro. The cv. Iro showed the largest decrease (-13.2%) in height, while water stress treatment reduced the average number of pods / plant (-53,1%), the number of seeds / pod (-9.7%), the harvest index (-48,6%) and the average yield of the cultivars (-58,4%). In regard to the production capacity, Cannellino indicated stability as provided significantly higher performance both in the treatment of normal irrigation (106.5 Kg/ha<sup>-1</sup>), and the condition of water stress (65.4 Kg/ha<sup>-1</sup>). The water stress reduced the weight of 1000 seeds in all varieties at a rate of 18.3%. The variety Iro while in normal irrigation had the highest weight of 1000 seeds (294gr), showed the greatest decrease (-27.2%) and Great Northern lowest (-4.6%). The morphological characteristics of seed were affected to a lesser extent in water stress and variety Iro showed the largest decrease in both length (10.5) and width (-12.3%). As for the physicochemical characteristics it was observed that hydration increase was not affected by water stress, but only by the genotype. So did the pH of seeds. Instead, the hydration capacity showed an average reduction -24.7%, with a maximum reduction (-45.6%) in cv. Iro. In stress conditions, an increased protein concentration was observed of 11.6%, in all varieties, especially in Iro increasing 22.4% while



Pyrgetos showed the lowest increase (6.7%). The same increase in the seed coat percentage (16.0%) and the cooking time (26.8%). In conclusion, water stress is a significant limiting factor for seed yield and yield components of dry beans, however, selection of early-flowering and quick pod-setting varieties is proposed to reduce the negative effects of water stress.

### **Key Words**

Irrigation, seed, yield, cooking time, proteins.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από την κα ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Ε. ΚΑΖΑΗ.

Επιβλέπων Καθηγητής

-----

Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα

*Στους γονείς μου*

X

*Πίστη είναι να πιστεύεις αυτό που δεν βλέπεις,  
η ανταμοιβή είναι να δεις αυτό που πιστεύεις.  
Ιερός Αυγουστίνος, 354-430*

## Πίνακας Περιεχομένων

	Σελ
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
<b>1. Εισαγωγή</b>	1
1.1. Η σημασία της καλλιέργειας του φασολιού	1
1.2. Καταγωγή και διάδοση	1
1.3. Η καλλιέργεια του φασολιού στην Ελλάδα	4
1.4. Επίδραση της ξηρασίας στην καλλιέργεια	10
1.5. Επιπτώσεις της ξηρασίας στο κοινό φασόλι	10
1.6. Στόχος της εργασίας	11
1.7. Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας	12
1.8. Βελτίωση του φασολιού	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	16
<b>2. Υλικά και Μέθοδοι</b>	16
2.1. Γενετικό υλικό	16
2.1.1. Πυργετός	16
2.1.2. Ηρώ	16
2.1.3. Great Northern	17
2.1.4. Cannellino	17
2.2. Εγκατάσταση του πειράματος	18
2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες	19
2.4. Άρδευση	21
2.5. Χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν	24
2.5.1. Πρωιμότητα των ποικιλιών	24
2.5.2. Ύψος φυτού	24
2.5.3. Αγροκομικά χαρακτηριστικά	25
2.5.4. Συντελεστής συγκομιδής (Harvest Index) - HI	25
2.5.5. Μορφολογικά χαρακτηριστικά	25
2.5.6. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	26
2.5.7. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά	27
2.5.8. Μέτρηση του δείκτη SPAD	28
2.6. Στατιστική επεξεργασία	29

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	31
<b>3. Αποτελέσματα</b>	31
3.1. Πρωιμότητα ποικιλιών	32
3.2. Ύψος φυτού	32
3.3. Δείκτης SPAD	33
3.4. Απόδοση και συστατικά απόδοσης	34
3.4.1. Απόδοση σε σπόρο (SY)	34
3.4.2. Αριθμός λοβών ανά φυτό (PP)	37
3.4.3. Αριθμός σπόρων ανά λοβό (SP)	38
3.4.4. Συντελεστής συγκομιδής (HI)	38
3.5. Βάρος 1000 σπόρων (W1000)	40
3.6. Διαστάσεις σπόρου	41
3.6.1. Μήκος σπόρου (LEN)	41
3.6.2. Πλάτος σπόρου (WID)	41
3.6.3. Ύψος σπόρου (HEI)	41
3.7. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	42
3.7.1. Αύξηση ενυδάτωσης (HI%)	42
3.7.2. Ικανότητα ενυδάτωσης (HC)	42
3.7.3. Ποσοστό περιβλήματος του σπόρου (%SCP)	43
3.7.4. Περιεκτικότητα σπόρων σε πρωτεΐνες (%P)	44
3.7.5. Χρόνος βρασμού (CT)	46
3.7.6. pH του σπόρου	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	53
<b>4. Συζήτηση – Συμπεράσματα</b>	53
4.1. Συζήτηση	53
4.2. Συμπεράσματα	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	60
<b>5. Βιβλιογραφία</b>	60

## Κατάλογος Συντομογραφιών

Σύμβολο	Ερμηνεία
%	Ποσοστό
CV	Συντελεστής παραλλακτικότητας
LSD	Ελάχιστη σημαντική διαφορά
SY	Απόδοση σε σπόρο
PP	Αριθμός λοβών ανά φυτό
SP	Αριθμός σπόρων ανά φυτό
W1000	Βάρος 1000 σπόρων
LEN	Μήκος σπόρου
WID	Πλάτος σπόρου
HEI	Ύψος σπόρου
HI	Συντελεστής συγκομιδής
%HI	Αύξηση ενυδάτωσης
HC	Ικανότητα ενυδάτωσης
%SCP	Ποσοστό περιβλήματος
%P	Ποσοστό περιεκτικότητας σπόρων σε πρωτεΐνες
CT	Χρόνος βρασμού
SPAD	Δείκτης χλωροφύλλης
MO	Μέσος όρος
N	Συνθήκες κανονικής άρδευσης (Normal)
S	Συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Stress)
IKΦ&B	Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών

## Κατάλογος Πινάκων

**Πίνακας 1.1.** Ταξινόμηση φασολιού ανάλογα με τον τύπο ανάπτυξης

**Πίνακας 1.2.** Κατάταξη φασολιών με βάση το μέγεθος των σπερμάτων.

**Πίνακας 1.3.** Ποικιλίες ξηρού φασολιού εγγραμμένες στον Εθνικό κατάλογο Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας του 2014

**Πίνακας 2.1.** Φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους του πειραματικού αγρού

**Πίνακας 2.2** Συνολικά mm νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια

**Πίνακας 3.1.** Μέσοι όροι για απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI) και πλάτος σπόρου (WID) σε κανονικές συνθήκες άρδευσης (N) και σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (S)

**Πίνακας 3.2.** Μέσοι όροι για αύξηση της ενυδάτωσης (%HI), ικανότητα ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό περιεκτικότητας πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH

**Πίνακας 3.3.** Ανάλυση της παραλλακτικότητας για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν

**Πίνακας 3.4.** Μείωση (%) που προκλήθηκε από την υδατική καταπόνηση στην απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI), πλάτος σπόρου (WID), αύξηση ενυδάτωσης (%HI), ικανότητας ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH

**Πίνακας 3.5.** Συσχετίσεις κατά Pearson μεταξύ των χαρακτηριστικών απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI), πλάτος σπόρου (WID), αύξηση ενυδάτωσης (%HI), ικανότητας ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό περιεκτικότητας πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH σε συνθήκες κανονικής άρδευσης και υδατικής καταπόνησης.



## **Κατάλογος Σχημάτων**

**Σχήμα 2.1.** Σχηματική παράσταση πειραματικού τεμαχίου

**Σχήμα 2.2.** Μέγιστη, Ελάχιστη και Μέση Θερμοκρασία κατά τους μήνες του πειραματισμού στην περιοχή του ΙΚΦ&Β

**Σχήμα 2.3.** Μηνιαίο ύψος Βροχόπτωσης σε mm κατά τους μήνες του πειραματισμού στην περιοχή του ΙΚΦ&Β

**Σχήμα 3.1.** Επίδραση της καταπόνησης στο ύψος του φυτού

**Σχήμα 3.2.** Εξέλιξη ανάπτυξης ύψους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (το βέλος δείχνει την έναρξη της καταπόνησης)

**Σχήμα 3.3.** Διακύμανση του δείκτη SPAD στην κανονική άρδευση

**Σχήμα 3.4.** Διακύμανση του δείκτη SPAD στην υδατική καταπόνηση

**Σχήμα 3.5.** Επίδραση της άρδευσης στην απόδοση

**Σχήμα 3.6.** Επίδραση της άρδευσης στην απόδοση για κάθε ποικιλία

**Σχήμα 3.7.** Συσχέτιση της απόδοσης με τον αριθμό λοβών ανά φυτό

**Σχήμα 3.8.** Επίδραση της άρδευσης στον αριθμό λοβών ανά φυτό

**Σχήμα 3.9.** Επίδραση της άρδευσης στον συντελεστή συγκομιδής

**Σχήμα 3.10.** Συσχέτιση του συντελεστή συγκομιδής με την απόδοση

**Σχήμα 3.11.** Επίδραση της άρδευσης στο βάρος 1000 σπόρων

**Σχήμα 3.12.** Επίδραση της άρδευσης στην ικανότητα ενυδάτωσης

**Σχήμα 3.13.** Επίδραση της άρδευσης στο ποσοστό του περιβλήματος σπόρου για κάθε ποικιλία

**Σχήμα 3.14.** Επίδραση της άρδευσης στο ποσοστό των πρωτεϊνών για κάθε ποικιλία

**Σχήμα 3.15.** Συσχέτιση της περιεκτικότητας πρωτεϊνών με την απόδοση

## **Κατάλογος Εικόνων**

**Εικόνα 1.1.** α) Κέντρα προέλευσης κοινού φασολιού β) Φυλές εξημερωμένων φασολιών εντός των 2 μεγάλων γονιδιακών δεξαμενών

**Εικόνα 1.2.** Στοιχεία εκτάσεων (Ha) καλλιέργειας κοινού φασολιού στην Ελλάδα

**Εικόνα 1.3.** Στοιχεία ετησίων εισαγωγών κοινού φασολιού στην Ελλάδα

**Εικόνα 1.4.** Στοιχεία ετησίων εισαγωγών – εξαγωγών ξηρού φασολιού στην Ελλάδα

**Εικόνα 2.1.** Χάραξη και σπορά πειραματικού αγρού

**Εικόνα 2.2.** Προγραμματιστές μπαταρίας αυτόματου ποτίσματος (Galcon)

**Εικόνα 2.3.** Ψηφιακό παχύμετρο (mm/inch)

**Εικόνα 2.4.** Ζυγός ακριβείας KERN

**Εικόνα 2.5.** Υδατόλουτρο (Memmert)

**Εικόνα 2.6.** Πενετόμετρο τύπου SUR PNR-6, BERLIN

**Εικόνα 2.7.** Συσσκευή SPAD – 502

# 1. Εισαγωγή

## 1.1. Η σημασία της καλλιέργειας του φασολιού

Το κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) είναι ένα διπλοειδές είδος ( $2n = 22$ ), ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και το μέγεθος του γονιδιώματός του είναι 650 Mb. Πρόκειται για ένα ετήσιο ποώδες φυτό που εμφανίζει ένα ευρύ φάσμα τύπων ανάπτυξης, από θαμνώδη έως αναρριχώμενους (Van Schoonhoven and Pastor-Corrales, 1987). Προέρχεται από την Κεντρική και τη Νότια Αμερική και καλλιεργείται ως μια σημαντική καλλιέργεια τροφίμων σε πολλές τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές της Αμερικής, της Ευρώπης, της Αφρικής και της Ασίας (Wortmann *et al.*, 2006). Το κοινό φασόλι αντιπροσωπεύει περίπου το 50% των όσπριων που καταναλώνονται σε όλο τον κόσμο (McClellan *et al.*, 2004).

Επίσης, το κοινό φασόλι αποτελεί ένα σημαντικό όσπριο από θρεπτικής απόψεως. Ο σπόρος του είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, υδατάνθρακες, μέταλλα (σίδηρο και ψευδάργυρο), και σημαντικές βιταμίνες (όπως η βιοτίνη και η βιταμίνη A) (Beebe *et al.*, 2000). Περιέχει 20-25% πρωτεΐνη με σημαντικότερη την φασεολίνη (Ma and Bliss, 1978). Είναι εξαιρετική πηγή πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, δεν έχει καθόλου χοληστερόλη και περιέχει μια ομάδα φαινολικών ενώσεων, τα φλαβονοειδή ή βιοφλαβονοειδή που έχουν ιδιότητες οιστρογόνων, δρουν ως αντιοξειδωτικά, αναστέλλουν τη φλεγμονή και έχουν αμυντικό μηχανισμό έναντι διαφόρων μικροβιακών λοιμώξεων.

Έχει αναφερθεί ότι τα φασόλια παίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία από τον καρκίνο, την κατάθλιψη, τη λευχαιμία, καρδιακά νοσήματα, τον διαβήτη κ.α. (Rafi and Vastano, 2002). Έτσι, το κοινό φασόλι είναι πιθανό να βελτιώσει την υγεία και τη διατροφική κατάσταση του ανθρώπινου σώματος λόγω των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του και της δυνατότητας που έχει να περιορίσει την έλλειψη μικροθρεπτικών.

## 1.2. Καταγωγή και διάδοση

Το κοινό φασόλι είναι από τα πιο σημαντικά όσπρια, για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο, σε όλο τον κόσμο και αποτελεί βασικό συστατικό της μεσογειακής διατροφής. Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια φασολιού παρουσίασε φθίνουσα πορεία με αποτέλεσμα η παραγωγή σε σχέση με την κατανάλωση να είναι ελλειμματική.

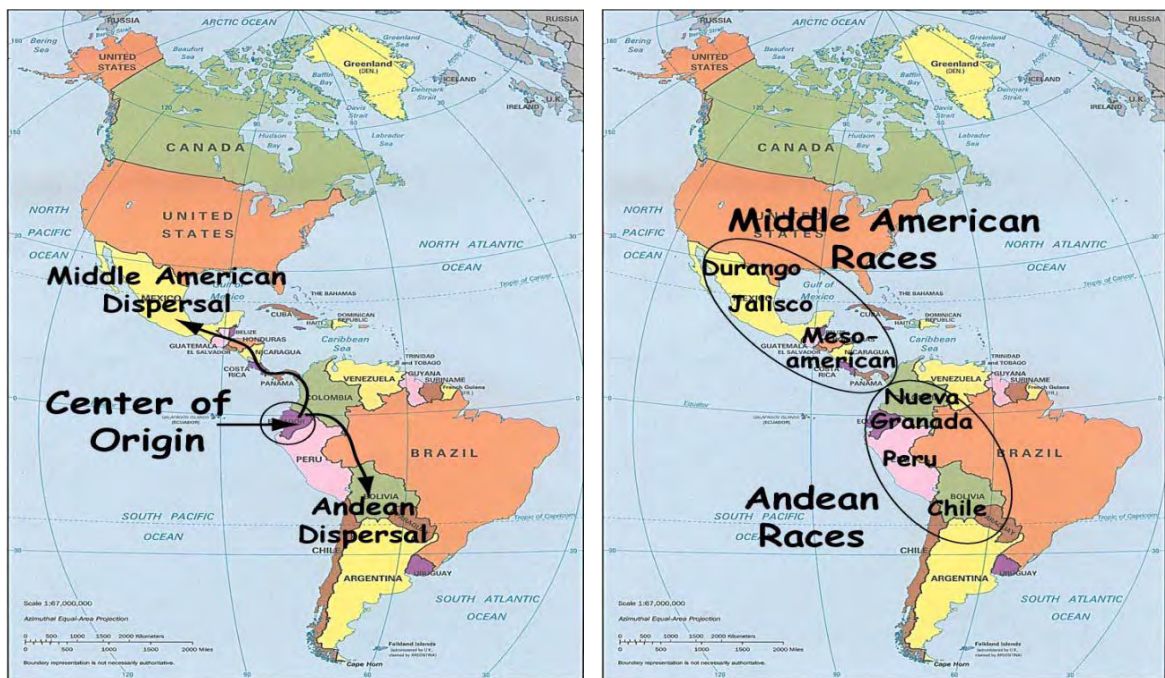
Συγκεκριμένα το 50-60% της εγχώριας κατανάλωσης εισάγεται από χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Αλβανία και η Αργεντινή. Γενικά, είναι μια πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια και αν και υπάρχουν ελληνικές ποικιλίες με μεγάλη προσαρμοστικότητα στις ελληνικές, εδαφοκλιματικές συνθήκες, πάντα υπάρχει το ενδιαφέρον για ποικιλίες που να συνδυάζουν περισσότερα επιθυμητά γνωρίσματα, σε σχέση με τις διαθέσιμες εμπορικές, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής όπως, η αύξηση του πληθυσμού, οι κλιματικές αλλαγές και η μείωση της διαθέσιμης γης.

Το φασόλι ανήκει στην οικογένεια των Ψυχανθών Fabaceae (πρώην Leguminosae) και στο γένος *Phaseolus*. Ο αριθμός των ειδών που περιλαμβάνονται στο συγκεκριμένο γένος δεν είναι πλήρως γνωστός, αν και θεωρείται ότι φθάνει τα 150 είδη (Maiti, 1997). Τα κυριότερα καλλιεργούμενα είδη παγκοσμίως είναι το *P. vulgaris* L. ( $2n = 2x = 22$ ), το *P. coccineus* L., το *P. lunatus* L. και το *P. acutifolius* A., με πλέον διαδεδομένο το *P. vulgaris* (Aramuganathan and Earle 1991).

Το κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) μεταφέρθηκε στην Ευρώπη κατά τα μέσα του 16<sup>ου</sup> αιώνα από τους Ισπανούς. Πιθανόν από τα τέλη του ίδιου αιώνα διαδόθηκε και στην Ελλάδα, όπου η μακρόχρονη καλλιέργειά του σε διαφοροποιημένα οικολογικά περιβάλλοντα, σε συνδυασμό με τη μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα, δημιούργησε ποικιλία τύπων με διακριτά γενετικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Οι περισσότεροι καλλιεργούμενοι τύποι φασολιού στην Ευρώπη ανήκουν στη γονιδιακή δεξαμενή των Άνδεων (μεγαλόκαρπη φυλή Nueva Granada) και της Κεντρικής Αμερικής (Beebe *et.al.*, 2001) (Εικ. 1). Ο Singh (1989) πρότεινε τη χρήση γενετικού υλικού από τα δευτερεύοντα κέντρα διασποράς του φασολιού στην Ευρώπη (Πορτογαλία, Ισπανία, Ελλάδα, Ιταλία, Γαλλία, Βουλγαρία), ειδικά λευκόσπερμων, μεγαλόσπερμων και λαχανοκομικών τύπων, στους οποίους έχει βρεθεί μεγαλύτερη παραλλακτικότητα, για τη βελτίωση των φασολιών της Αμερικής.

Η εξημέρωση του κοινού φασολιού και η πίεση της επιλογής από τον άνθρωπο επέφεραν αλλαγές σε πολλά μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του. Οι πιο ευδιάκριτες αλλαγές που έχουν συμβεί στα καλλιεργούμενα φασόλια σε σχέση με τους άγριους συγγενείς τους είναι: Αλλαγή σχήματος σε λοβούς και σπόρους, αύξηση μεγέθους και βάρους λοβών και σπόρων. Η αύξηση του μεγέθους των λοβών και των σπόρων στις καλλιεργούμενες ποικιλίες φασολιού συνοδεύτηκε από μείωση του αριθμού λοβών ανά φυτό και σπόρων ανά λοβό (Silbernagel, 1986). Το χρώμα του φλοιού του σπόρου, από μαύρο ή πολύ σκούρο στους άγριους τύπους, παρουσιάζει σήμερα εξαιρετικά μεγάλη ποικιλότητα και μάλιστα σχετίζεται με το χρώμα του άνθους. Τα ανοιχτόχρωμα φασόλια βράζουν γρηγορότερα, και η χαμηλότερη περιεκτικότητά τους σε φαινόλες δημιουργεί διαφορετική γεύση.



**Εικόνα 1.1.** α) Κέντρα προέλευσης κοινού φασολιού β) Φυλές εξημερωμένων φασολιών εντός των 2 μεγάλων γονιδιακών δεξαμενών

Παράλληλα, τα ανοιχτόχρωμα φασόλια και ιδίως τα λευκά, χάνοντας τις χρωστικές των φαινολών έγιναν ευαίσθητα στις προσβολές μυκήτων (Smartt, 1990). Γενικά, η πλειοψηφία των μορφολογικών μεταβολών στο κοινό φασόλι οφείλεται σε μεταλλάξεις λίγων γονιδίων (Gepts and Debouck, 1991; Koinage *et.al.*, 1996). Λόγω όμως κλειστογαμίας, αυτές οι μεταβολές θεωρούνται ότι εξελίχθηκαν ταχύτατα.

Το κοινό φασόλι είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό (>95%) με χαμηλά ποσοστά φυσικής σταυρογονιμοποίησης που κυμαίνονται από 0-0,007% (Tucker and Harding, 1975). Το ποσοστό σταυρογονιμοποίησης μερικές φορές μπορεί να φτάσει το 6% ή και το 10% (Bliss, 1980). Αυτό σημαίνει ότι, όλα τα φασόλια από μια φασολιά είναι ίδια μεταξύ τους και την επόμενη χρονιά θα δώσουν φυτά πανομοιότυπα με το μητρικό φυτό. Δηλαδή αν καλλιεργηθεί το φασόλι έτσι ώστε το κάθε φυτό να μπορεί να συγκομιστεί μόνο του μπορεί εύκολα να γίνει επιλογή και διατήρηση των χαρακτηριστικών που θέλουμε.

Οι καλλιέργειες αντιδρούν διαφορετικά στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις, όπως η ξηρασία. Η βελτίωση της γενετικής ανθεκτικότητας των καλλιεργειών στην υδατική καταπόνηση αποτελεί σημαντική πρόκληση για τους βελτιωτές φυτών. Η αντοχή στην ξηρασία έχει αποδοθεί σε διαφορετικούς μηχανισμούς που οδηγούν σε διαφορετικούς τύπους ανταπόκρισης (Chaves *et al.*, 2003). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μας υπήρξε διαφοροποίηση των τεσσάρων ποικιλιών ως προς την αντίδρασή τους στην καταπόνηση.

### **1.3. Η καλλιέργεια του φασολιού στην Ελλάδα**

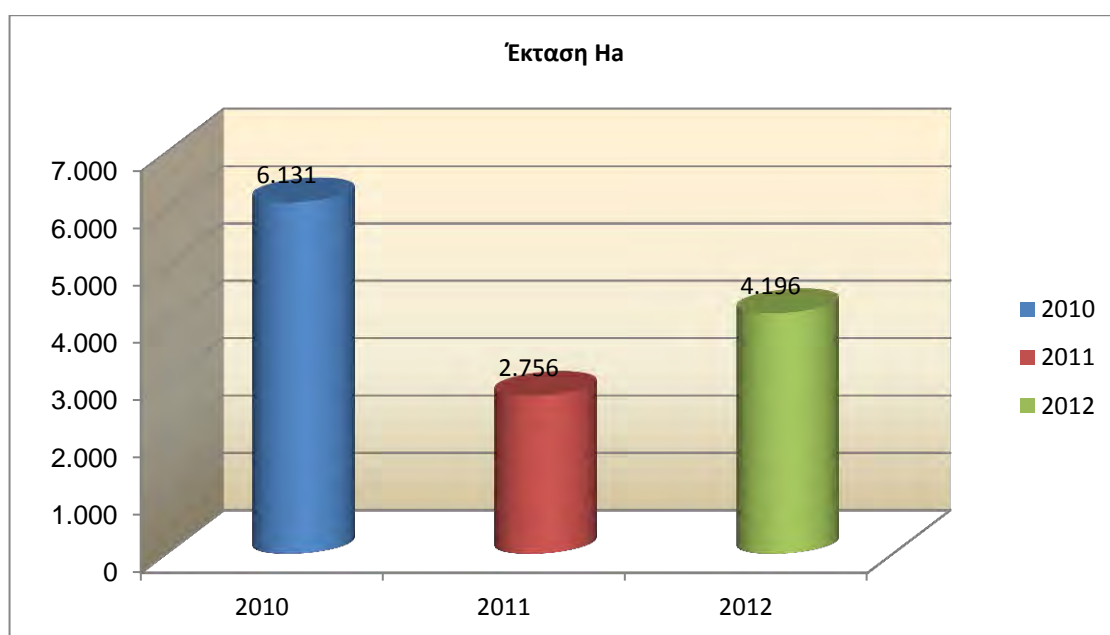
Το κοινό φασόλι είναι το πιο δημοφιλές στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια μετά την στροφή των καταναλωτών σε πιο υγιεινή διατροφή (μεσογειακή δίαιτα) τα όσπρια αποκτούν μεγαλύτερη σημασία και στη διατροφή των πληθυσμών των αναπτυσσόμενων χωρών. Στη χώρα μας η καλλιεργούμενη έκταση ξηρού φασολιού από 280.000 στρ το 1950 μειώθηκε σταδιακά σε 104.000 στρ το 2002 και η παραγωγή από 41.000 τον σε 22.000 στρ το 2002 (FAOSTAT 2002).

Η μείωση της καλλιέργειας οφείλεται στη μικρή ανταγωνιστικότητα της καλλιέργειας, συγκριτικά με άλλες αρδευόμενες καλλιέργειες, η οποία αποδίδεται κυρίως στην ασταθή παραγωγή των πολυάριθμων τύπων εγχώριων πληθυσμών φασολιού, που καλλιεργούνται στη χώρα μας.

Δυστυχώς, όμως, παρά το γεγονός ότι τα ξερά φασόλια αποτελούν ένα τρόφιμο θρεπτικό, εύγευστο και ευκολοσυντήρητο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται συνεχής μείωση της καλλιεργούμενης έκτασης, όπως και των άλλων οσπρίων (Εικόνα 1.2). Συγκεκριμένα την τελευταία δεκαετία η έκταση μειώθηκε περίπου κατά

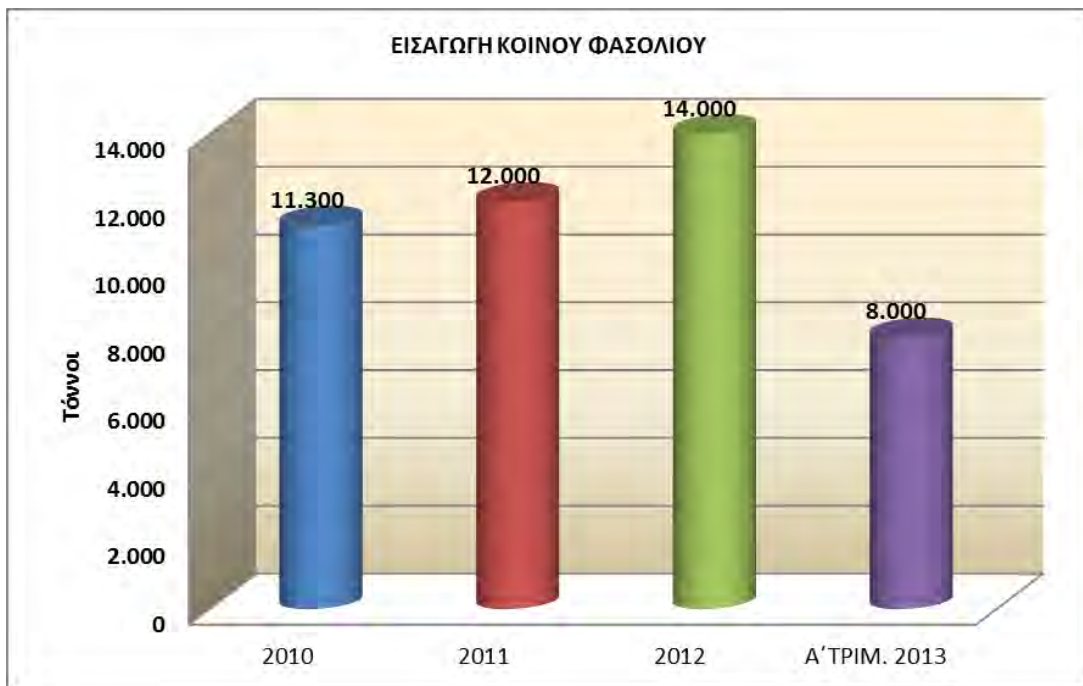
50%, ενώ η συνολική παραγωγή μειώθηκε μόνο κατά 30% χάρη στην αύξηση της μέσης στρεμματικής απόδοσης.

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια των οσπρίων ακολούθησε φθίνουσα πορεία κατά τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα η παραγωγή να είναι ελλειμματική και η κάλυψη των εγχώριων αναγκών να γίνεται κυρίως με εισαγόμενα προϊόντα (Εικόνα 1.3, Εικόνα 1.4). Ειδικότερα, η καλλιέργεια του ξηρού φασολιού στη χώρα μας εντοπίζεται στη Δυτική Μακεδονία, στις περιοχές Λάρισας-Φαρσάλων και Λαμίας-Δομοκού καθώς και στην Ορεστιάδα.

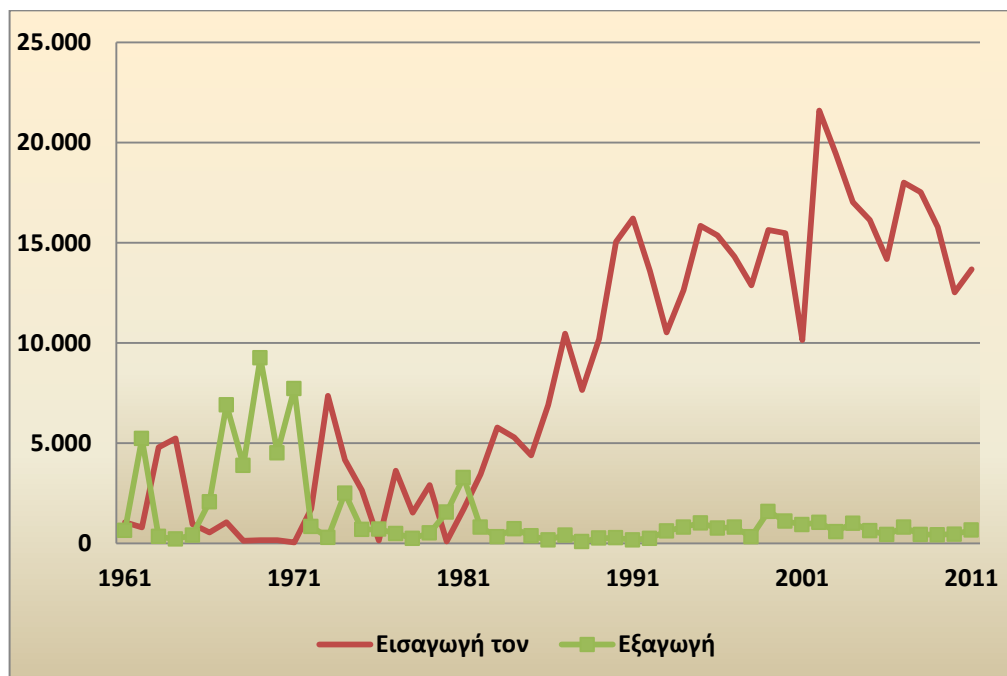


**Εικόνα 1.2.** Στοιχεία εκτάσεων (Ha) καλλιέργειας κοινού φασολιού στην Ελλάδα  
(<http://www.minagric.gr>)

Το κοινό φασόλι καλλιεργείται σε όλες τις ηπείρους από 52° Β έως 33° πλάτος και από παραθαλάσσιες μέχρι περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο από 3.000 m στις Άνδεις. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Βραζιλία, η Ινδία, το Μεξικό το Myanmar, οι ΗΠΑ, Η Κίνα και ακολουθούν με διαφορά η Ουγκάντα, ο Καναδάς και η Κορέα (FAOSTAT 2014).



**Εικόνα 1.3.** Στοιχεία ετησίων εισαγωγών κοινού φασολιού στην Ελλάδα (<http://www.minagric.gr>)



**Εικόνα 1.4.** Στοιχεία ετησίων εισαγωγών – εξαγωγών ξηρού φασολιού στην Ελλάδα (<http://faostat3.fao.org/>)



Σήμερα στη χώρα μας καλλιεργούνται πάρα πολλές ποικιλίες φασολιών, κυρίως «ντόπιοι πληθυσμοί», που διαφέρουν στον τύπο ανάπτυξης των φυτών, στο σχήμα στο χρώμα και μέγεθος των σπόρων, στην υφή των λοβών, στην παραγωγικότητα κτλ. Η διατήρηση πολλών ντόπιων οφείλεται στο ότι το κοινό φασόλι είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό και οι παραγωγοί συνηθίζουν να κρατούν για την επόμενη χρονιά από το δικό τους σπόρο. Συνοπτικά, οι ποικιλίες διακρίνονται ανάλογα με:

- Τον τύπο ανάπτυξης

**Πίνακας 1.1.** Ταξινόμηση φασολιού ανάλογα με τον τύπο ανάπτυξης

ΤΥΠΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
I	Καθορισμένη όρθια ανάπτυξη, νάνα φυτά με όρθιο ισχυρό βλαστό
II	Ακαθόριστη όρθια ανάπτυξη
III	Κυμαινόμενη ικανότητα αναρρίχησης, έρπον στέλεχος, πολλούς πλευρικούς βλαστούς
IV	Καλή ικανότητα αναρρίχησης με τη βοήθεια κάποιου μέσου

- Το μέγεθος των σπόρων

**Πίνακας 1.2.** Κατάταξη φασολιών με βάση το μέγεθος των σπόρων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΒΑΡΟΣ 1000 ΣΠΟΡΩΝ (gr)
Μικρόσπερμα	150-300
Μεσόσπερμα	300-450
Μεγαλόσπερμα	450-700
Γίγαντες	1200-1800
Ελέφαντες	1800-2500

Ποικιλίες του κοινού φασολιού (*P. vulgaris*) με βάρος 700-1200 γρ. είναι σπάνιες, όπως και οι ποικιλίες του πολυανθούς φασολιού (*P. coccineus* η *multiflorus*) με βάρος 1000-1200 γρ. Οι ποικιλίες αυτές με βάρος από 700-1200 γρ. χαρακτηρίζονται εμπορικά ως «ημιγίγαντες». Οι ποικιλίες του πολυανθούς φασολιού με βάρος 1000 σπόρων 1200-1800 γρ. χαρακτηρίζονται ως «γίγαντες» και με βάρος μεγαλύτερο από 1800 γρ. (μπορεί να ξεπεράσει και τα 2500 γρ.) ως «ελέφαντες».

Το χρώμα των σπόρων

Ο προσδιορισμός του χρώματος των σπόρων πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη συγκομιδή, γιατί με την πάροδο του χρόνου μπορεί να αλλοιωθεί. Υπάρχουν μονόχρωμες ποικιλίες (με ένα από τα πέντε επόμενα βασικά χρώματα: (λευκό, υποκίτρινο, καστανό, κόκκινο, μαύρο) και ποικιλίες με «παρδαλούς» σπόρους (με κηλίδες ή στίγματα διαφορετικού χρώματος ή απόχρωσης πάνω στο βασικό χρώμα).

Το σχήμα των σπόρων

Μπορεί να είναι σφαιροειδές (σφαιρικό, ωοειδές ή ελλειπτικό), επίμηκες ή νεφροειδές.

Την υφή των λοβών

Αυτή προσδιορίζεται στο στάδιο της συγκομιδής του χλωρού λοβού και είναι δερματοειδής ή σαρκώδης.

Στην Ελλάδα είναι εγγραμμένες στον Εθνικό κατάλογο οι παρακάτω επτά ποικιλίες ξηρού φασολιού οι οποίες δημιουργήθηκαν από το Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών της Λάρισας μέσα από πολυετή προγράμματα βελτίωσης και ξεχώρισαν ως οι καλύτερες για τις ελληνικές συνθήκες. Οι σπόροι των ποικιλιών αυτών έχουν λευκό χρώμα στο οποίο δείχνουν ιδιαίτερη προτίμηση οι Έλληνες καταναλωτές και σπάνια υποκίτρινο. Οι ποικιλίες αυτές αποτελούν πολύτιμο εθνικό γενετικό υλικό ενώ παρέχεται η δυνατότητα στους Έλληνες παραγωγούς να εξασφαλίσουν μεγάλες αποδόσεις και προϊόντα υψηλής ποιότητας.

**Πίνακας 1.3.** Ποικιλίες ξηρού φασολιού εγγραμμένες στον Εθνικό κατάλογο Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας του 2014

<b>ΌΝΟΜΑ</b>	<b>Έτος Εγγραφής</b>
ΑΡΙΔΕΑ (ARIDEA)	1985
ΗΡΩ (IRO)	1985
ΛΗΔΑ (LIDA)	1985
ΜΥΡΣΙΝΗ (MIRSINI)	1985
ΠΥΡΓΕΤΟΣ (PIRGETOS)	1985
ΡΑΨΑΝΗ (RAPSANI)	1985
ΣΕΜΕΛΗ (SEMELI)	1985

**Οικολογικές απαιτήσεις-Προσαρμοστικότητα.** Ανήκει στην κατηγορία των ποτιστικών οσπρίων. Είναι φυτό υγρόφιλο, απαιτητικό σε ένταση φωτός και ηλιοφάνεια. Ιδανικές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του φυτού είναι μεταξύ 17 και 25 °C, ενώ σε θερμοκρασίες κάτω από 10 °C παρατηρείται αναστολή της ανάπτυξής του. Προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία εδαφικών τύπων, αλλά αποδίδει καλύτερα σε χαλαρά, στραγγερά και γόνιμα εδάφη. Τα συνεκτικά και υγρά εδάφη πρέπει να αποφεύγονται γιατί θερμαίνονται δύσκολα. Οι άριστες τιμές pH είναι κοντά στο 6. Η περίοδος της άνθησης μέχρι και το δέσιμο των λοβών είναι η πιο κρίσιμη περίοδος, καθώς τόσο η παρατεταμένη ξηρασία και οι θερμοί άνεμοι, όσο και ο υγρός και βροχερός καιρός προκαλούν παρατεταμένη ανθόρροια, με αποτέλεσμα τη σοβαρή μείωση της παραγωγής. Το φασόλι συμμετέχει σε συστήματα αμειψισποράς με άλλες ποτιστικές καλλιέργειες (καλαμπόκι, βαμβάκι, πατάτα) αλλά και με τα χειμερινά σιτηρά.

**Καλλιέργεια.** Σπέρνεται την άνοιξη αφού σταθεροποιηθούν οι θερμοκρασίες πάνω από 12-13 °C και υπάρχει η απαραίτητη υγρασία στο έδαφος. Η σπορά είναι συνεχής και γραμμική (συνήθως 60 εκ. μεταξύ των γραμμών, 1 σπόρος ανά 7-8 εκ.) και γίνεται με κατάλληλες σπαρτικές μηχανές. Συνιστάται βασική λίπανση με 2-6 μονάδες αζώτου, επειδή η αζωτοδέσμευση του φασολιού είναι σχετικά μικρή, και 6-9 μονάδες φωσφόρου. Ο εμβολιασμός του σπόρου με αζωτοβακτήρια δεν επηρεάζει το

συνολικό αριθμό φυματίων στις ρίζες του φυτού, ούτε τις γι' αυτό και δεν συνιστάται. Χρειάζεται 300-400 mm νερού κατά τη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου. Στην άρδευση του φασολιού ακολουθείται ο εξής γενικός κανόνας: στα πρώτα στάδια τα ποτίσματα γίνονται με μικρότερη συχνότητα και μεγάλη ποσότητα νερού, ώστε να αναπτυχθεί ένα βαθύ και ισχυρό ριζικό σύστημα, ενώ από την άνθιση και μετά η συχνότητα αυξάνει και μειώνεται η ποσότητα του νερού, συνθήκες που ευνοούν την καρπόδεση και ανάπτυξη του σπόρου. Απαιτείται συστηματικός έλεγχος των ζιζανίων τουλάχιστον μέχρι την άνθιση. Η αντιμετώπιση τους γίνεται με συνδυασμό μηχανικών και χημικών μεθόδων.

**Συγκομιδή.** Η συγκομιδή γίνεται όταν οι λοβοί αποκτήσουν το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα, πριν ξεραθούν τελείως και κατά προτίμηση τις πολύ πρωινές ώρες για να αποφεύγεται το άνοιγμα των λοβών και το τίναγμα των σπόρων. Ο καλύτερος τρόπος αλωνισμού, που εκμηδενίζει τις απώλειες, είναι το κόψιμο ή ξερίζωμα το φυτών με το χέρι, στη συνέχεια η ξήρανση των φυτών στο χωράφι και τέλος ο μηχανικός αλωνισμός. Ωστόσο, σήμερα υπάρχουν μηχανές που μπορούν να κάνουν απ' ευθείας θεριζοαλωνισμό χωρίς μεγάλες απώλειες.

#### **1.4. Επίδραση της ξηρασίας στην καλλιέργεια**

Η ξηρασία είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο και εκτιμάται ότι θα επηρεάσει το 38% της παγκόσμιας έκτασης (Dilley *et al.*, 2005). Λόγω της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής αναμένεται ότι θα υπάρξει αύξηση της συχνότητας της ξηρασίας και των πλημμυρών (Lillemo *et al.*, 2005; Jarvis *et al.*, 2010). Σε πολλές τροπικές και υποτροπικές περιοχές επιρρεπείς στην ξηρασία όπως η νότια Αφρική, ένα μεγάλο μέρος του Μεξικού, μέρη των νοτιοδυτικών ΗΠΑ, η Νότια Ευρώπη, η Αυστραλία και η Ινδία, αναμένεται να μειωθούν οι βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα την αύξηση της υδατικής καταπόνησης (Lobell and Burke, 2010).

Για τη μελλοντική παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια η κλιματική αλλαγή είναι η μεγαλύτερη πρόκληση (Lobell and Burke, 2010). Έτσι κρίνεται απαραίτητος ο σχεδιασμός για την δημιουργία ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία και με υψηλή αποδοτικότητα στη χρήση του νερού, ώστε αυτές να προσαρμόζονται στην υδατική

καταπόνηση σε διάφορα στάδια της ανάπτυξης του φυτού, και ως εκ τούτου, τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεών της.

### **1.5. Επιπτώσεις της ξηρασίας στο κοινό φασόλι**

Στο κοινό φασόλι η έλλειψη νερού είναι μία από τις κύριες αιτίες μείωσης της απόδοσης. Δεδομένου ότι το 60% της παραγωγής κοινού φασολιού στον αναπτυσσόμενο κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Ινδίας συμβαίνει σε συνθήκες έλλειψης νερού (Graham and Ranalli, 1997) η μέση παγκόσμια παραγωγή των φασολιών οδηγείται σε μείωση (<90 Kg/στρ) (Singh, 2001). Ως εκ τούτου, φαίνεται ότι η έλλειψη νερού είναι ένας παγκόσμιος περιοριστικός παράγοντας της παραγωγής κοινού φασολιού (Boutraa and Sanders, 2001; Szilagyi, 2003; Ramos *et al*, 1999; Singer *et al*, 1997).

Λαμβάνοντας υπόψη την αλλαγή του κλίματος και τις απώλειες στην παραγωγή φασολιών που συμβαίνουν λόγω της ξηρασίας, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αναπαραχθούν ποικιλίες ανθεκτικές στην καταπόνηση που μπορεί να αντέξουν κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού. Ωστόσο πρέπει να προηγηθεί το στάδιο της αξιολόγησης των διαθέσιμων ποικιλιών κάτω από συνθήκες καταπόνησης, προκειμένου να εντοπιστούν ορισμένοι επιθυμητοί γενότυποι που μπορούν να αντέξουν στην καταπόνηση. Αυτοί οι γενότυποι θα λειτουργήσουν ως πολύτιμο γενετικό υλικό για την ανάπτυξη ανθεκτικών στην ξηρασία ποικιλιών φασολιού και ταυτόχρονα υψηλών αποδόσεων.

### **1.6. Στόχος της εργασίας**

Δεδομένης της διαιτητικής αξίας του φασολιού και της αυξημένης ζήτησης που έχει αποκτήσει σε συνδυασμό με την επερχόμενη κλιματικής αλλαγής που αναμένεται να επηρεάσει και την χώρα μας κρίθηκε σκόπιμο να αξιολογηθούν εμπορικές ποικιλίες ξηρού φασολιού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της στις συγκεκριμένες ποικιλίες και να εντοπιστούν τυχόν ανθεκτικοί γενότυποι.

Αν και στη Ελλάδα η καλλιέργεια του ξηρού φασολιού κερδίζει έδαφος δεν υπάρχει επαρκή έρευνα γύρω από το θέμα της υδατικής καταπόνησης για την

καλλιέργεια του κοινού φασολιού. Είναι λοιπόν αναγκαία η έρευνα για να εντοπιστούν ποικιλίες που μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα το διαθέσιμο νερό καθώς και να αξιολογηθούν τα στάδια στα οποία οι ποικιλίες είναι πιο ανθεκτικές στην έλλειψη νερού.

### 1.7. Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Σύμφωνα με τους Beebe *et al.*, (2013) η βελτίωση της ανοχής στην ξηρασία είναι μια βιώσιμη επιλογή που έχει οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγικότητας στο φασόλι κατά 31%. Υπό το πρίσμα αυτό αρκετοί γενότυποι έχουν αναπτυχθεί και διάφορες μελέτες έχουν διεξαχθεί για να αξιολογήσουν τα επίπεδα της ανοχής τους στην ξηρασία.

Οι Lizana *et al.* (2006) εξέτασαν τις επιπτώσεις της ξηρασίας στην απόδοση σε καρπό και στη φωτοσύνθεση δύο γενοτύπων κοινού φασολιού. Παρατήρησαν ότι οι επιπτώσεις της ξηρασίας στη φωτοσύνθεση και την απόδοση εξαρτάται από το γενότυπο το οποίο καθορίστηκε με βάση τη σταθερότητα των γενοτύπων σε συνθήκες ξηρασίας.

Οι Manjeru *et al.* (2007) επικεντρώθηκαν στις επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του κοινού φασολιού, στην απόδοση και στα συστατικά της. Στη μελέτη αυτή, αναφέρθηκε ότι η καταπόνηση μείωσε την απόδοση σε σπόρο κατά 700 Kg/ ha<sup>-1</sup>, ωστόσο, το επίπεδο των επιπτώσεων ποίκιλε ανάλογα με τον γενότυπο.

Οι Porch *et al.* (2009) αξιολόγησαν την ανταπόκριση του κοινού φασολιού στην έλλειψη νερού από το στάδιο της άνθισης μέχρι τη συγκομιδή στο Πουέρτο Ρίκο. Σε αυτή τη μελέτη, ορισμένοι γενότυποι έδωσαν ίδιες αποδόσεις κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης και σε μειωμένες συνθήκες καταπόνησης. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στο βαθύ ριζικό τους σύστημα που έφτανε την εδαφική υγρασία στα βαθιά στρώματα του εδάφους.

Οι Castaneda-Saucedo *et al.*, 2009 μελετήσανε στο Μεξικό (σε συνθήκες θερμοκηπίου) τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, την απόδοση και την ποιότητα του σπόρου, σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, στα στάδια της ανθοφορίας, του σχηματισμού των λοβών και το γέμισμα των σπόρων. Βρήκαν μείωση της απόδοσης από 10%-57% λόγω της μείωσης του αριθμού των λοβών και των σπόρων ανάλογα

με το στάδιο εφαρμογής της καταπόνησης και 30%-70% αύξηση όταν εφαρμόστηκε στο στάδιο της ανθοφορίας γεγονός που αποδόθηκε στο ότι τα φυτά δημιούργησαν νέα φύλλα και καθυστέρησαν τον σχηματισμό λοβών μέχρι την λήξη της καταπόνησης.

Οι Gebeyehu *et al.* (2010) ερεύνησαν τις επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης σε δύο γενοτύπους κοινού φασολιού, έναν ευαίσθητο και έναν ανθεκτικό στην έλλειψη νερού σε συνθήκες θερμοκηπίου. Στην μελέτη τους αναφέρανε ότι η καταπόνηση μείωσε την απόδοση των γενοτύπων κατά 53% και 30% αντίστοιχα.

Οι Emam *et al.*, (2010) μελέτησαν την επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε δυο ποικιλίες φασολιού, με διαφορετικό τύπο ανάπτυξης, σε συνθήκες θερμοκηπίου και βρήκαν ότι η ποικιλία με καθορισμένο τύπο ανάπτυξης σε σχέση με μη καθορισμένο τύπο μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα.

Οι Ninou *et al.*, (2013) μελέτησαν την επίδραση πέντε επιπέδων άρδευσης μετά την άνθιση στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και στα χαρακτηριστικά ανταλλαγής αερίων στα φύλλα, την απόδοση και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες δύο ποικιλιών ξηρού φασολιού, σε ημιαρδευόμενες συνθήκες της Μεσογείου. Σε μεγαλύτερα επίπεδα άρδευσης ανταποκρίθηκαν καλύτερα ενώ η πιο πρώιμη ποικιλία είχε μεγαλύτερη απόδοση.

Οι Ghanbari *et al.* (2013b) αξιολόγησαν 8 γενοτύπους ξηρού φασολιού στο Ιράν σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης ως προς τα μορφο-φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων, μεταξύ αυτών και την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, όπου παρατηρήθηκε μείωση 7% κατά την καταπόνηση αλλά και διαφοροποίηση μεταξύ των γενοτύπων. Η καταπόνηση εφαρμόστηκε μετά την εμφάνιση του τρίτου φύλου έως την συγκομιδή ενώ οι μετρήσεις γίνανε στα στάδια πριν την άνθιση, στην άνθιση και στο γέμισμα των λοβών.

Οι Ghanbari *et al.* (2013a) μελέτησαν στο Ιράν τις επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στα φύλλα και στους σπόρους του κοινού φασολιού σε 8 γενοτύπους που ανήκαν σε 3 διαφορετικές ομάδες προκειμένου να διαπιστώσουν την σχέση μεταξύ απόδοσης σε σπόρο και των συστατικών αζώτου στους σπόρους και τα φύλλα. Παρατήρησαν μείωση της απόδοσης σε σπόρο κατά 39,8% και μείωση της συνολικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε όλους τους γενοτύπους.

Οι Raoofi *et al.*, (2014) στο Ιράν μελετήσανε την επίδραση της υδατικής καταπόνησης και του γενοτύπου σε κάποια χαρακτηριστικά του κοινού φασολιού και καταγράψανε σημαντική μείωση στο ύψος του φυτού, τον αριθμό των κλάδων και αριθμό λοβών ένα φυτό.

Οι Shakouri *et al.*, (2015) μελετήσανε τη συσχέτιση ποιοτικών χαρακτηριστικών με κάποια φυσιολογικά χαρακτηριστικά σε 23 γενοτύπους κοινού φασολιού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης και σε συνθήκες αγρού και αναφέρουν μείωση της απόδοσης σε σπόρο, αριθμό λοβών ανά φυτό και βάρος 100 σπόρων κατά 55%, 30,2% και 24,3% αντίστοιχα..

Βρίσκοντας σχετικά ασφαλή εργαλεία και θεραπείες για να ξεπεραστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της ξηρασίας στρες ή να βελτιώσει την ανοχή στην ξηρασία των ευαίσθητων φυτών θα μπορούσε να έχει μεγάλη αξία ειδικά κάτω από άνυδρες και ημι-άνυδρες συνθήκες όπου η λειψυδρία γίνεται ένας περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγικότητα.

Οι Sadeghipour and Aghaei (2012) μελέτησαν στο Ιράν την εφαρμογή σαλικυλικού οξέως σε μερικά χαρακτηριστικά του κοινού φασολιού σε συνθήκες καταπόνησης και κατέληξαν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις της καταπόνησης μειώθηκαν με τη χρήση του σαλικυλικού οξέως.

Συνολικά, η ξηρασία μειώνει σημαντικά την παραγωγή βιομάζας, τα συστατικά της απόδοσης και την απόδοση σε σπόρο. Ωστόσο, όλες οι παραπάνω μελέτες διεξήχθησαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες άρδευσης σύμφωνα με την οποία, ο βαθμός καταπόνησης και η χρονική διάρκειά του ήταν προκαθορισμένα. Ωστόσο όλες αυτές οι ελεγχόμενες συνθήκες δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματική κατάσταση ημι-άνυδρες συνθήκες καλλιέργειας όπου οι βροχοπτώσεις είναι συνήθως αβέβαιες.

## **1.8. Η βελτίωση του φασολιού**

Η γενετική παραλλακτικότητα του φασολιού είναι σχετικά μεγάλη όμως, η συνεχής βελτίωση με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και της προσαρμοστικότητας του φασολιού, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της γενετικής παραλλακτικότητας, μέσω της διασποράς των ποικιλιών, από τα κέντρα καταγωγής σε άλλες περιοχές αλλά και λόγω της συνεχούς επιλογής (Gepts, 2004).



Η γενετική βελτίωση του καλλιεργούμενου φασολιού περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα αγρονομικών χαρακτηριστικών πάντοτε διατηρώντας την παραγωγικότητα και σταθερότητα συμπεριφοράς σε υψηλά επίπεδα. Αυτά είναι η απόδοση, ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη, η πρωιμότητα, η ανθεκτικότητα σε ασθένειες και στην ξηρασία κ.α. Ωστόσο, η αύξηση των χαρακτηριστικών της απόδοσης είναι ο κύριος στόχος των βελτιωτών.

Για τη δημιουργία ποικιλιών φασολιών έχουν αναπτυχθεί διάφορες μεθοδολογίες βελτίωσης. Οι κυριότερες μέθοδοι που εφαρμόζονται στην κλασική βελτίωση είναι, η μαζική επιλογή (Beebe *et al.*, 1995; Singh *et al.*, 1989, 1993), η γενεαλογική επιλογή (Kelly *et al.*, 1994) και η επαναδιασταύρωση (Bliss, 1993 από Beebe *et al.*, 2000) στην κλασική της μορφή ή τις διάφορες τροποποιήσεις της. Επίσης έχουν εφαρμοσθεί η ταυτόχρονη επαναδιασταύρωση (congruity backcrossing) (Mejia-Jimenez *et al.*, 1994 : Urrea and Singh, 1995), η καταγωγή από μεμονωμένο σπόρο (single seed descent, SSD) (Kelly *et al.*, 1989; Urrea and Singh, 1994), η κυκλική επαναλαμβανόμενη επιλογή ( Beaver and Kelly, 1994; Kelly and Adams, 1987; Singh *et al.*, 1999 ) και η επιλογή γαμέτη (gamete selection) (Singh *et al.*, 1998).

## 2. Υλικά και Μέθοδοι

### 2.1. Γενετικό υλικό

Το γενετικό υλικό της μελέτης αποτέλεσαν τέσσερις νάνες ποικιλίες ξηρού φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L.). Δύο ελληνικές ποικιλίες, η Πυργετός και η Ηρώ, που δημιουργήθηκαν από το ΙΚΦ&Β και είναι εγγεγραμμένες στον Εθνικό Κατάλογο ποικιλιών, και δύο εμπορικές ποικιλίες, η Cannellino που είναι εγγεγραμμένη στον Κοινοτικό κατάλογο κηπευτικών της ΕΕ και μια ποικιλία τύπου Great Northern.

#### 2.1.1. Πυργετός

Η ποικιλία Πυργετός σύμφωνα με την περιγραφή του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών Λάρισας (ΕΛΓΟ, 2012) προήλθε από διασταύρωση της τοπικής ποικιλίας "Καρούμπα" Λαμίας με την αμερικάνικη Harvester. Είναι μετριόσπερμη ποικιλία, με σπόρους λευκούς επιμήκεις (βάρος 1.000 σπόρων 380 – 400 γρ.) και σταθερή ως προς την παραγωγικότητα, με μέση στρεμματική απόδοση 240-300 κιλά/στρ, ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες ξεπερνάει τα 400 κιλά/στρ. Έχει βιολογικό κύκλο περίπου 100 ημερών.

#### 2.1.2. Ηρώ

Η ποικιλία Ηρώ σύμφωνα με την περιγραφή του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών Λάρισας (ΕΛΓΟ, 2012), προήλθε από επιλογή του ντόπιου πληθυσμού "Φασόλια Σειράς" Άρτας. Είναι μετριόσπερμη ποικιλία με σπόρους σφαιροειδείς, μικρούς (βάρος 1000 σπόρων 340 – 380 γρ) και σταθερή ως προς την παραγωγικότητα με μέση στρεμματική απόδοση 250-300 κιλά/στρ, ενώ το παραγωγικό δυναμικό της είναι έως και 400 κιλά/στρ. Ο βιολογικός της κύκλος είναι περίπου 110 ημέρες.

Και οι δύο ποικιλίες, σπέρνονται την άνοιξη (συνήθως μέσα στον Απρίλιο) με 9 – 11 κιλά/στρ αφού σταθεροποιηθούν οι θερμοκρασίες πάνω από 12°C και υπάρχει η απαραίτητη υγρασία στο έδαφος. Είναι πρώιμες ποικιλίες με άριστη ικανότητα εγκατάστασης. Προσαρμόζονται σε πολλούς τύπους εδαφών και σε διάφορα περιβάλλοντα. Παρουσιάζουν ικανοποιητική ανοχή στις ιώσεις, έχουν πολύ καλή

βραστικότητα και εξαιρετικά γευστικά χαρακτηριστικά. Ο αναπολλαπλασιασμός και η διάθεση του εμπορικού σπόρου στους αγρότες έχει ανατεθεί σε ιδιωτικές εταιρείες σποροπαραγωγής κατόπιν σχετικού διαγωνισμού (ο Πυργετός στην Agroland και η Ηρώ στην Alfa Seeds).

### **2.1.3. Cannellino**

Η ποικιλία Cannellino είναι Ιταλική ποικιλία φασολιού και ο καρπός της μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως νωπός όσο και ως ξηρός. Είναι γνωστή και με την ονομασία Lingot. Έχει λοβό με χαρακτηριστικό οβάλ σχήμα, ανοιχτού κίτρινου χρώματος κατά την ωρίμανση, μήκος περίπου 14 εκ. και πλάτος 1,3 εκ με 6-7 σπόρους. Χρώμα σπόρου λευκό και συγκομίζεται ως ξηρό. Η προμήθεια του υλικού έγινε από την εταιρεία Agris.

### **2.1.4. Great Northern**

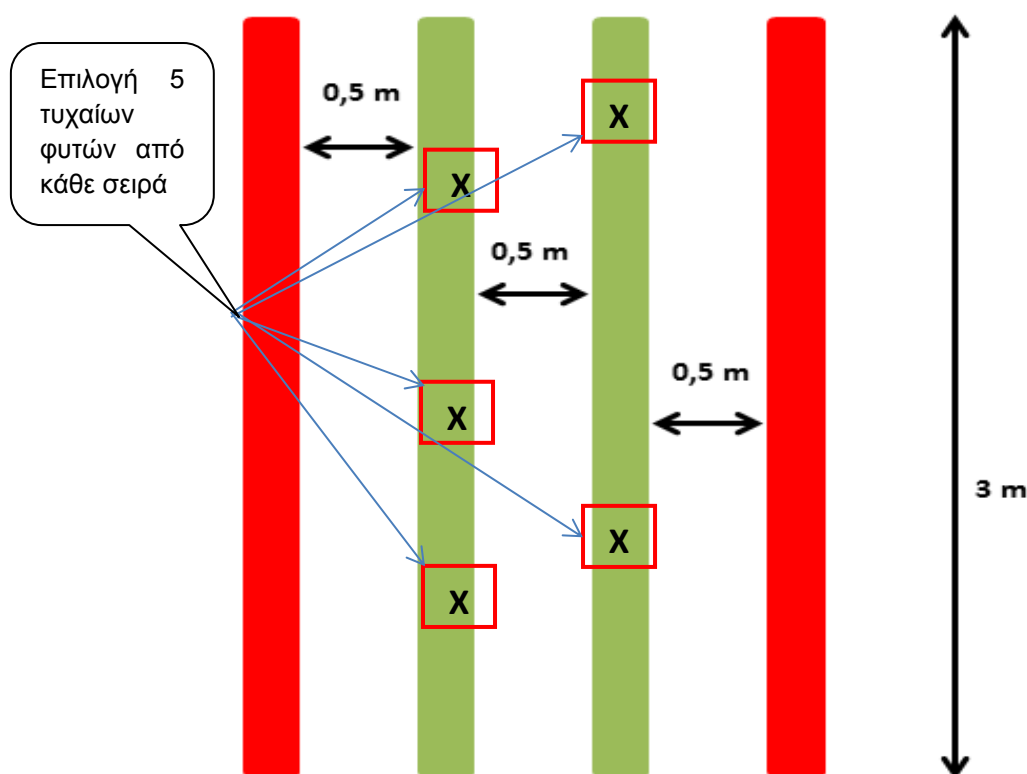
Πρόκειται για ξηρό φασόλι τύπου Great Northern. Είναι από τα πιο διαδομένα φασόλια παγκοσμίως ενώ στην Ελλάδα είναι το πιο δημοφιλές. Στη χώρα μας δεν υπάρχει πιστοποιημένος σπόρος, γίνεται εισαγωγή από τον Καναδά, ως όσπριο προς βρώση, και η αναπαραγωγή του γίνεται άτυπα από παραγωγούς. Ο Καναδάς είναι από τις μεγαλύτερες παραγωγούς χώρες σε όσπρια παγκοσμίως λόγω των κλιματικών συνθηκών και του εξαιρετικού υπεδάφους που υπάρχει εκεί, ενώ υπάρχουν συνολικά έντεκα ποικιλίες τύπου Great Northern ([www.inspection.gc.ca](http://www.inspection.gc.ca)) που είναι εγγεγραμμένες στον Εθνικό κατάλογο του Καναδά.

Η Εταιρεία ΙΣΑΑΚΙΔΗΣ & ΣΙΑ ΟΕ, με έδρα τον Πειραιά, είναι ο μοναδικός εισαγωγέας ξηρού φασολιού τύπου Great Northern στην Ελλάδα από το 1963 (έχει τα αποκλειστικά δικαιώματα). Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν μη πιστοποιημένος σπόρος άγνωστης ποικιλίας. Για λόγους συντομίας όταν γίνεται αναφορά στην ποικιλία τύπου Great Northern θα αναφέρεται ως ποικιλία Great Northern.

## 2.2. Εγκατάσταση του πειράματος

Το πείραμα εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του ΙΚΦ&Β του "ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ" στη Λάρισα (με γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ} 36' N$  γεωγραφικό μήκος  $22^{\circ} 25' E$  και υψόμετρο 78 m) κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2014. Χρησιμοποιήθηκε πειραματικό σχέδιο υποδιαιρεμένων πειραματικών τεμαχίων (Split - plot) με τρεις επαναλήψεις, έτσι ώστε τα επίπεδα άρδευσης να αποτελούν τα κύρια τεμάχια και οι ποικιλίες τα υποτεμάχια. Συνολικά σπάρθηκαν 24 πειραματικά τεμάχια των  $4,5 \text{ m}^2$ .

Το πειραματικό τεμάχιο (Εικόνα 2.1) αποτελούνταν από τέσσερις γραμμές μήκους 3 m. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 0,5 m, ενώ οι αποστάσεις των φυτών επί της γραμμής ήταν 5 – 7 cm. Μεταξύ των τεμαχίων υπήρχε διάδρομος 1m. Οι παρατηρήσεις πάρθηκαν από τις δυο εσωτερικές γραμμές που συγκομίστηκαν χωριστά από τις περιθωριακές γραμμές και αντιστοιχούν σε  $3 \text{ m}^2$ .



Σχήμα 2.1. Σχηματική παράσταση πειραματικού τεμαχίου

Πριν τη σπορά λήφθηκαν επιφανειακά εδαφικά δείγματα (0-30 cm) τα οποία αναλύθηκαν από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας - ΙΧΤΕΛ του ΕΛΓΟ - "ΔΗΜΗΤΡΑ". Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.1.

Με βάση τα αποτελέσματα το έδαφος αυτό χαρακτηρίζεται ως βαρύ- αργιλώδες και σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης εδαφών που έχει αναπτυχθεί και εφαρμόζεται από τις Η.Π.Α., Soil Taxonomy ταξινομείται ως Alfisols. Είναι ασβεστούχο, με ουδέτερη αντίδραση, χαμηλή αλατότητα, με μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε φωσφόρο, αλλά επαρκώς εφοδιασμένο με κάλιο.

**Πίνακας 2.1.** Φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους του πειραματικού αγρού

<b>Άμμος (%)</b>	<b>31</b>
<b>Αργιλος (%)</b>	<b>45</b>
<b>Ιλύς (%)</b>	<b>24</b>
<b>Χαρακτηρισμός</b>	<b>Αργιλώδες (C)</b>
<b>pH (H<sub>2</sub>O 1:1) (25 °C)</b>	<b>7,4</b>
<b>Ηλεκτρική Αγωγιμότητα στους 25 °C (μS/cm)</b>	<b>498</b>
<b>Ισοδύναμο CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>1,8</b>
<b>Οργανική ουσία (%)</b>	<b>1,3</b>
<b>Φώσφορος (P<sub>Olsen</sub>) (mg/Kg)</b>	<b>14</b>
<b>Ολικό Άζωτο (Kjeldahl) (N<sub>Kjeldahl</sub>) (g/100g)</b>	<b>0,097</b>
<b>Ανταλλάξιμο Κάλιο (cmol+/Kg εδ.)</b>	<b>1,3</b>

### **2.3. Καλλιεργητικές φροντίδες**

Στον πειραματικό αγρό το προηγούμενο έτος δεν υπήρχε καλλιέργεια (αγρανάπαυση). Έγινε αρχικά κατεργασία με καλλιεργητή και λίγο πριν τη σπορά

ακολούθησε ελαφρά κατεργασία με φρέζα για την καταστροφή των ζιζανίων και για να εξασφαλιστεί ο απαραίτητος ψιλοχωματισμός και αρκετή υγρασία στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Ακολούθησε η χάραξη του πειραματικού και η σπορά του.

Αρχικά η σπορά έγινε πρώιμα στις 4/4/2014 (Εικόνα 2.1) αλλά, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικράτησαν τις επόμενες ημέρες και σε συνδυασμό με υψηλή βροχόπτωση (Σχήμα 2.2), παρατηρήθηκε μειωμένο φύτευμα με αποτέλεσμα να επαναληφθεί η σπορά στις 9/5/2014 (όψιμη σπορά). Έγινε πυκνή σπορά σε αυλάκια και το φύτευμα άρχισε στις 15/5/2014 χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Μετά το φύτευμα έγινε αραίωμα με το χέρι έτσι ώστε να μείνει ένα φυτό ανά θέση και σε απόσταση 5-7 cm επί της γραμμής. Τα φυτά αραιώθηκαν όταν το μέγεθός τους ήταν τέτοιο ώστε μην πραγματοποιηθεί μηχανική ζημιά και πριν ξεκινήσει ο ανταγωνισμός μεταξύ τους.



**Εικόνα 2.1.** Χάραξη και σπορά πειραματικού αγρού

Κατά τη διάρκεια του πειραματισμού εφαρμόστηκε σύστημα χαμηλών εισροών σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Έτσι για την καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε μια

μόνο εφαρμογή με δ.ο. pendimethalin (33 % Stomp 330 EC) το οποίο είναι εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για την αντιμετώπιση ετησίων αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων (300–400 cm<sup>3</sup>/στρ) προφυτρωτικά της καλλιέργειας αμέσως μετά τη σπορά. Στη συνέχεια η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε με τη χρήση φρέζας περιφερειακά της έκτασης του πειράματος ενώ μεταξύ των διαδρόμων γινόταν ξεβοτάνισμα με το χέρι σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Διαπιστώθηκε προσβολή από αφίδες και ακάρεα γι αυτό στις 13/6/2014 έγινε επέμβαση με δ.ο. deltaméthrine 2,5 % (DECIS 2.5 E) - πυρεθρινοειδές για την καταπολέμηση των αφίδων και επαναλήφθηκε μετά από 14 ημέρες, ενώ έγινε και ψεκασμός με εντομοκτόνο – ακαρεοκτόνο Abamectin 1,8% EC.

Στα πλαίσια της καλλιέργειας χαμηλών εισροών έγινε μόνο βασική λίπανση με τη σπορά ενσωματώνοντας στο έδαφος 3 μονάδες λίπασμα τύπου 15-15-15, ενώ επιφανειακή λίπανση δεν έγινε.

Η συγκομιδή έγινε με το χέρι, με τη χρήση δρεπανιών στο κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης κάθε ποικιλίας. Πρώτα συγκομίστηκαν τα τεμάχια της υδατικής καταπόνησης και στη συνέχεια της κανονικής άρδευσης. Κάθε τεμάχιο μαζεύτηκε χωριστά και αφέθηκε να ξεραθεί μέχρι να πέσει η υγρασία του σπόρου (≈13%). Από κάθε τεμάχιο συγκομίστηκαν μόνο οι δύο εσωτερικές γραμμές από τις οποίες επιλέχτηκαν 5 τυχαία φυτά από την κάθε μία (Σχήμα 2.1) από τα οποία υπολογίστηκαν τα αγροκομικά χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια έγινε αλωνισμός με τη χρήση μικρή αλωνιστικής μηχανής, κατάλληλα ρυθμισμένης, ώστε να μην τραυματίζονται οι σπόροι. Στα τεμάχια με περιορισμένη απόδοση ο αλωνισμός έγινε με το χέρι.

## 2.4. Άρδευση

Αμέσως μετά τη σπορά ακολούθησε ένα ελαφρύ πότισμα φυτρώματος (10 mm) και στη συνέχεια εφαρμόστηκε πότισμα ανάπτυξης (25 mm) στο σύνολο του πειράματος με καταιονισμό.

Στις 14/6/2014 άρχισε η υδατική καταπόνηση και η διαφοροποίηση της άρδευσης. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν δύο επίπεδα άρδευσης (Πίνακας 2.2), κανονικό (≈300 mm) και 50% καταπόνηση (≈150 mm). Εγκαταστάθηκε δίκτυο στάγδην άρδευσης με αγωγούς άρδευσης από μαλακό πολυαιθυλένιο, διατομής 20

mm και αντοχής 6 atm με σταλάκτες ανά 50 cm. Για τον ακριβή υπολογισμό του νερού χρησιμοποιήθηκαν δύο προγραμματιστές μπαταρίας αυτόματου ποτίσματος (Galcon) παροχής 5,1 m<sup>3</sup> / h με ηλεκτροβάνα, ένας για κάθε επίπεδο άρδευσης (Εικόνα 2.2).



**Εικόνα 2.2.** προγραμματιστές μπαταρίας αυτόματου ποτίσματος (Galcon)

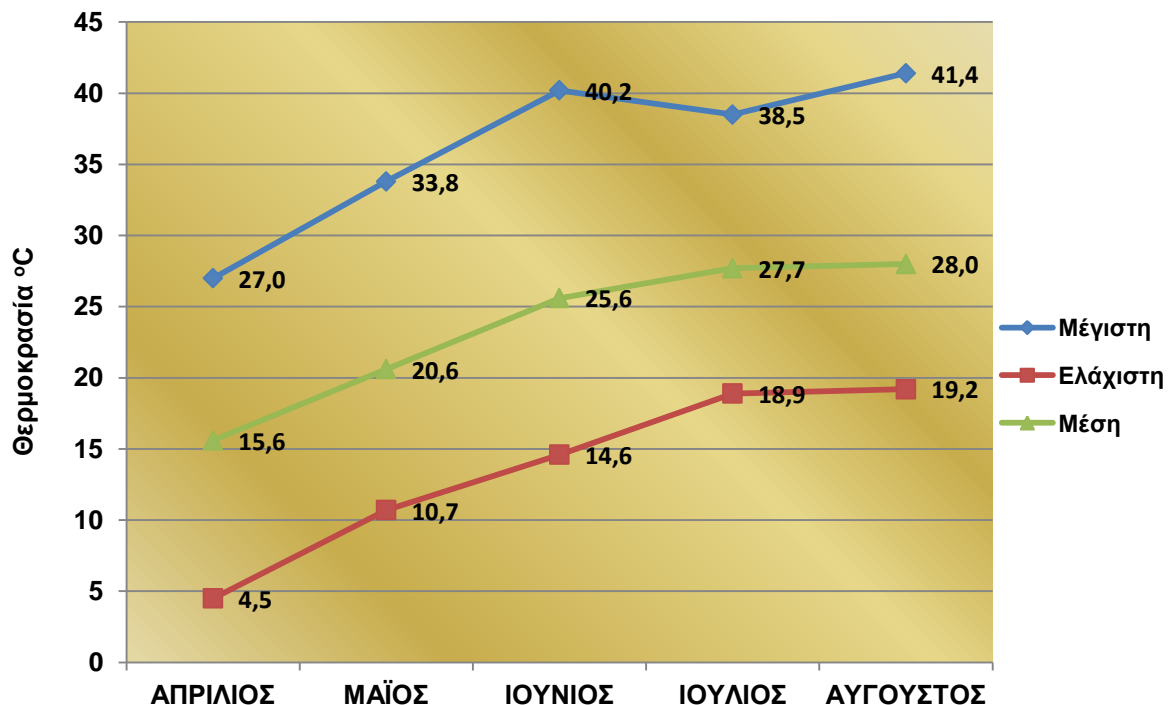
Η άρδευση γινόταν κάθε εβδομάδα βραδινές ώρες και σταμάτησε στις 31/7/2014. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι κατά το διάστημα της καλλιέργειας καταγράφηκαν βροχοπτώσεις συνολικού ύψους 38,8 mm εκ των οποίων τα 10,8 mm στη διάρκεια της καταπόνησης.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας αέρα (ελάχιστη, μέση και μέγιστη) και βροχόπτωσης (ύψος βροχής), από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο του 2014, για την περιοχή του αγροκτήματος του ΙΚΦ&Β, παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.2 και στο Σχήμα 2.3 αντίστοιχα. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από τον Μετεωρολογικό σταθμό "Αλέξανδρος Τακούδης" (39° 37' 39" N, 22° 23; 55" E, 82 m), ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (<http://penteli.meteo.gr/stations/larissa/>) ο οποίος βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση από τον πειραματικό αγρό (≈ 1 Km σε ευθεία).

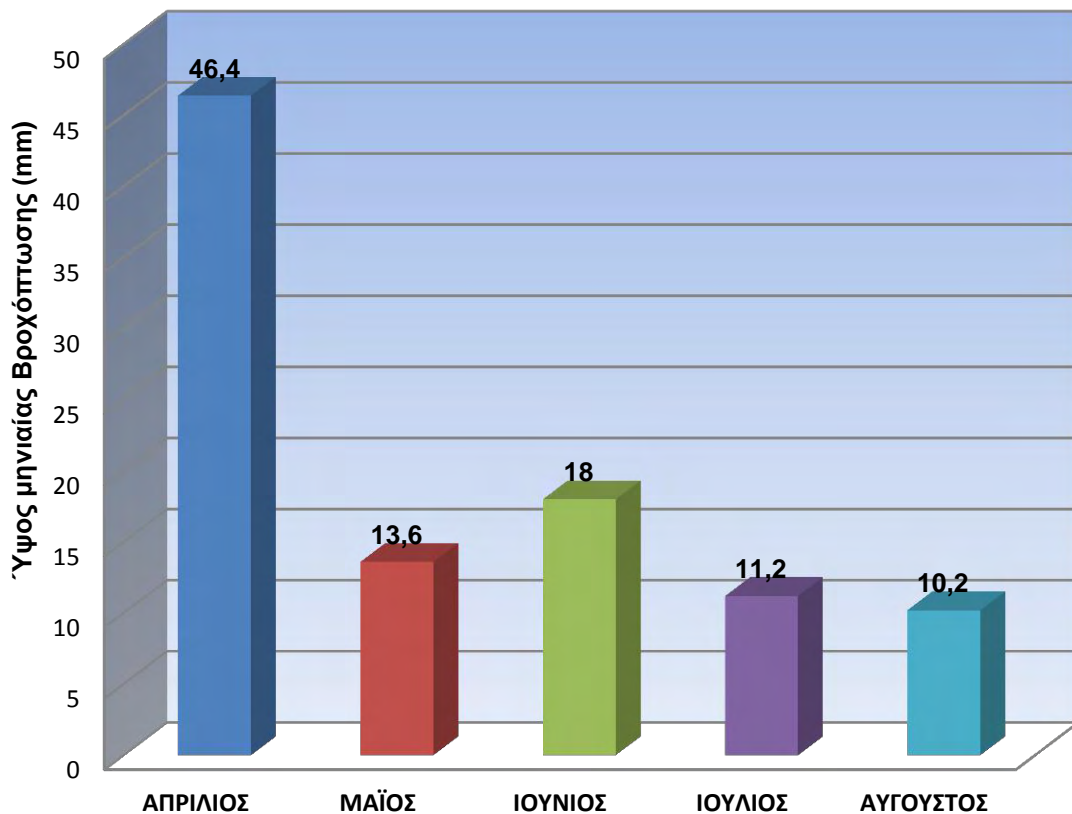


Πίνακας 2.2 Συνολικά mm νερού που δέχτηκε η καλλιέργεια

ΣΥΝΟΛΙΚΑ mm ΝΕΡΟΥ				
Βροχόπτωση		Άρδευση		
		NORMAL		STRESS
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	mm	ΜΕΤΡΗΣΗ	mm	
17/5/2014	1,6	14/6/2014	28,8	14,4
29/5/2014	2,4	20/6/2014	44,1	23,3
30/5/2014	2,4	27/6/2014	37,9	16,4
31/5/2014	4,8	3/7/2014	36,5	18,1
3/6/2014	16,8	10/7/2014	39,3	17,4
<b>15/7/2014</b>	<b>10,8</b>	17/7/2014	37,6	17,6
	<b>38,8</b>	24/7/2014	38,3	17,2
		31/7/2014	38,3	18,5
			<b>300,7</b>	<b>142,9</b>
Συνολικά mm από την έναρξη της καταπόνησης			<b>10,8</b>	<b>10,8</b>
			<b>311,5</b>	<b>153,7</b>



Σχήμα 2.2. Μέγιστη, Ελάχιστη και Μέση Θερμοκρασία κατά τους μήνες του πειραματισμού στην περιοχή του ΙΚΦ&Β



**Σχήμα 2.3.** Μηνιαίο ύψος Βροχόπτωσης σε mm κατά τους μήνες του πειραματισμού στην περιοχή του ΙΚΦ&Β

## 2.5. Χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν

Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά καταγράφηκαν για κάθε ποικιλία.

### 2.5.1. Πρωιμότητα των ποικιλιών

Ως πρωιμότητα καταγράφηκε ο αριθμός ημερών από τη σπορά μέχρι το 50 % της άνθισης με οπτική παρατήρηση.

### 2.5.2. Ύψος φυτού

Καταγράφηκε το ύψος 10 τυχαίων ατομικών φυτών ανά πειραματικό τεμάχιο (5 φυτά από κάθε σειρά) μετά την πλήρη άνθιση και πριν την ωρίμανση των λοβών.

### 2.5.3. Αγροκομικά χαρακτηριστικά

#### Απόδοση σε σπόρο – SY (Seed Yield) (Kg/στρ)

Η απόδοση υπολογίστηκε από τις 2 μεσαίες γραμμές του πειραματικού τεμαχίου ώστε να εξασφαλιστούν οι ίδιες συνθήκες ανταγωνισμού για κάθε γραμμή. Η συγκομιδή έγινε στο κατάλληλο στάδιο για κάθε ποικιλία ώστε να μην υπάρχουν απώλειες από το τίναγμα των λοβών. Η απόδοση εκφράστηκε με υγρασία καρπού 13%.

#### Αριθμός λοβών / φυτό – pods / plant (PP)

Έγινε καταγραφή του αριθμού των λοβών ανά φυτό για 10 ατομικά φυτά των 2 εσωτερικών γραμμών κάθε πειραματικού τεμαχίου

#### Αριθμός σπόρων / λοβό – seeds /plant (SP)

Έγινε καταγραφή του αριθμού των σπόρων ανά λοβό για 10 ατομικά φυτά των 2 εσωτερικών γραμμών κάθε πειραματικού τεμαχίου

#### Βάρος 1000 σπόρων – W1000

Μετρήθηκε το βάρος 1.000 σπόρων (g) για κάθε ποικιλία ανά επανάληψη

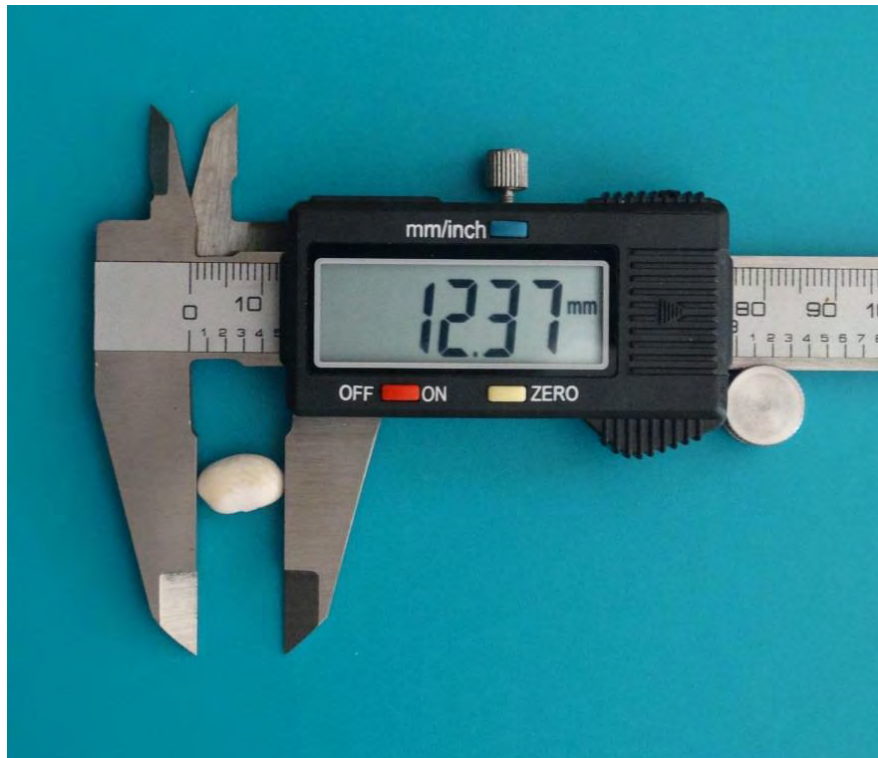
### 2.5.4. Συντελεστής συγκομιδής (Harvest Index) - HI

Υπολογίστηκε η τιμή του δείκτη συγκομιδής ως η αναλογία της απόδοσης σε σπόρο προς το βάρος της ξηράς ουσίας του υπέργειου τμήματος του φυτού (Donald, 1962).

### 2.5.5. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Προσδιορίστηκαν τα παρακάτω μορφολογικά χαρακτηριστικά του σπόρου σε 20 σπόρους ανά πειραματικό τεμάχιο. Η μέτρηση έγινε με ηλεκτρονικό παχύμετρο (Εικόνα 2.3)

- Μήκος σπόρου – Length (LEN)
- Πλάτος σπόρου – Width (WID) και
- Ύψος σπόρου – Height (HEI)



Εικόνα 2.3. Ψηφιακό παχύμετρο (mm/inch)

#### 2.5.6. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Για την εκτίμηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των σπόρων έγιναν οι παρακάτω μετρήσεις. Χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας KERN (Εικόνα 2.4)

- Αύξηση της ενυδάτωσης – HI (Hydration Increase).** Υπολογίστηκε ως η ποσοστιαία αύξηση της μάζας σπόρων φασολιού που εμβαπτίστηκαν σε απιονισμένο νερό για 12 ώρες. Για το χαρακτηριστικό αυτό έγιναν 5 επαναλήψεις.
- Ικανότητα ενυδάτωσης – HC (Hydration Capacity).** Εκφράζεται ως ικανότητα ενυδάτωσης ανά σπόρο και προσδιορίστηκε διαιρώντας την μάζα

που αποκτήθηκε από τους σπόρους σε 12 ώρες με τον αριθμό των σπόρων που υπάρχουν στο δείγμα (Bishnoi and Khetarpaul, 1993).

- **Ποσοστό περιβλήματος του σπόρου - % SCP (Seed Coat Proportion).** Προσδιορίστηκε σε 10 σπόρους ανά τεμάχιο, ως η αναλογία μεταξύ του βάρους του περιβλήματος και του βάρους των κοτυληδόνων που εκφράζεται σε ποσοστό, μετά την απομάκρυνση του περιβλήματος του σπόρου από τις κοτυληδόνες, μετά από διαβροχή και διατήρησή των σπόρων για 24 ώρες στους 105 °C.

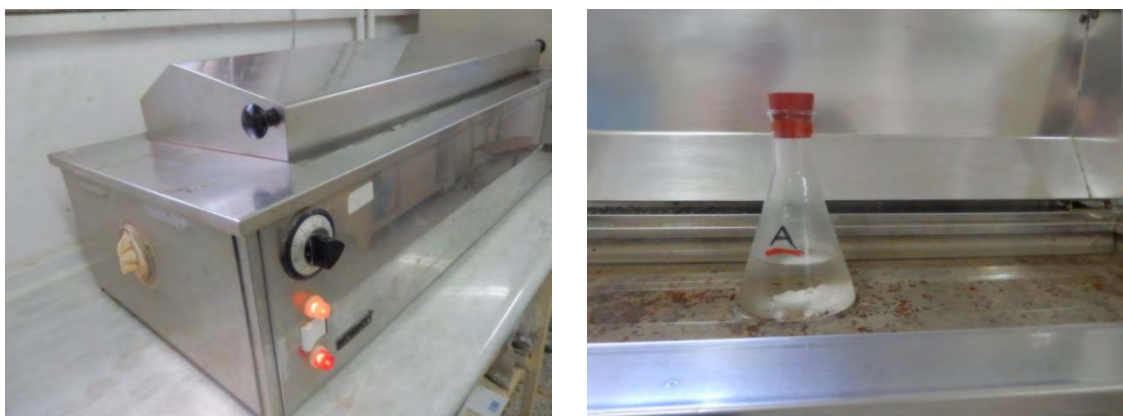


Εικόνα 2.4. Ζυγός ακριβείας KERN

#### 2.5.7. Ποιοτικά Χαρακτηριστικά

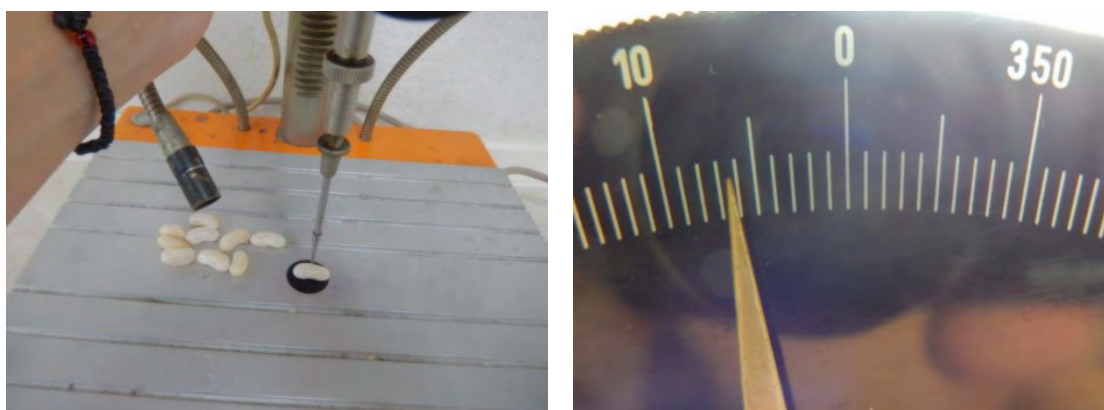
- **Χρόνος βρασμού – CT (Cooking Time).** Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που περιγράφεται από τον Ηλιάδη (2001) τροποποιημένη. Εξήντα σπόροι από κάθε τεμάχιο μετά από 12 ώρες σε απιονισμένο νερό τοποθετήθηκαν σε δύο κωνικές φιάλες (30 και 30) των 250 ml με 175 ml απιονισμένο νερό οι οποίες κλείστηκαν με πώμα προκειμένου να πετύχουμε συνθήκες βρασμού.

Οι φιάλες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο τύπου Memmert (Εικόνα 2.5) σε θερμοκρασία 95 °C που δεν ξεπερνούσε τους 100 °C. Μετά από 15 λεπτά, δείγμα 10 σπόρων λαμβανόταν εναλλάξ από τις δυο φιάλες σε διαστήματα των 5 λεπτών.



**Εικόνα 2.5** Υδατόλουτρο (Memmert)

Η μέτρηση της σκληρότητας των σπόρων έγινε με μέτρηση της πίεσης αντίστασης. Χρησιμοποιήθηκε πενετρόμετρο τύπου SUR PNR-6, BERLIN (Εικόνα 2.6) με φόρτιση 50 g και βαρύτητα των 0,5 sec και μετρήθηκε το βάθος διείσδυσης της βελόνας. Οι σπόροι θεωρήθηκε ότι έχουν αποκτήσει το αποδεκτό όριο βραστικότητας όταν η τιμή του οργάνου έφθασε στα 6 mm.



**Εικόνα 2.6.** Πενετρόμετρο τύπου SUR PNR-6, BERLIN

- **Περιεκτικότητα σπόρου σε πρωτεΐνες (%P).** Σε κατάλληλη ποσότητα σπόρου που αλέστηκε για κάθε επανάληψη υπολογίστηκε η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες με τη μέθοδο Kjeldahl (Nx6,25) όπου υπολογίστηκε το οργανικώς δεσμευμένο άζωτο και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε με το γενικό συντελεστή 6,25.
- **pH των σπόρων.** Χρησιμοποιήθηκαν 5 gr σπόρων από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Κονιορτοποιήθηκαν και στη συνέχεια διαλύθηκαν σε 20 ml απιονισμένο νερό όπου έγινε και η μέτρηση του pH με πεχάμετρο (CRISON GLP 21).

### 2.5.8. Μέτρηση του δείκτη SPAD

Ο δείκτης SPAD (Soil Plant Analysis Development) συσχετίζεται καλά με την συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο φύλλο (Wood et al., 1993). Η μέτρησή του αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο προσδιορισμού της χλωροφύλλης και χρησιμοποιείται ως ένα μέτρο της εκτίμησης της θρεπτικής κατάστασης του φυτού ως προς το άζωτο.



**Εικόνα 2.7.** Συσσκευή SPAD – 502

Σε κάθε μεταχείριση καταγράφηκαν οι τιμές του δείκτη SPAD στο τελευταίο πλήρως ανεπτυγμένο φύλλο σε 10 φυτά ανά επανάληψη (5 φυτά ανά σειρά) σε διάφορα στάδια του φυτού. Η καταγραφή του δείκτη SPAD πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή SPAD-502 (Minolta Co, Osaka, Japan) (Εικόνα 2.7).

## **2.6. Στατιστική επεξεργασία**

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 20. Για την απλούστευση και την ευκολότερη παρακολούθηση των αποτελεσμάτων από τον αναγνώστη, τα αποτελέσματα παρατίθενται ως μέσοι όροι των τριών επαναλήψεων του πειράματος για κάθε μεταχείριση, ενώ για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Duncan για  $p < 0,05$ . Συσχετίσεις κατά Pearson πραγματοποιήθηκαν μεταξύ όλων των γνωρισμάτων που μετρήθηκαν.

Στο συντελεστή συγκομιδής τα δεδομένα μας μετατράπηκαν σε μοίρες λόγω του ότι οι τιμές ήταν πολύ μικρές με αποτέλεσμα η κατανομή να τείνει να γίνει διωνυμική και να έχουμε παρέκκλιση από την κανονική κατανομή. Η μετατροπή έγινε για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων και τον υπολογισμό του CV (Φασούλας, 1964).



### 3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και της στατιστικής ανάλυσης για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους παρακάτω πίνακες.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι για απόδοση σπόρου, αριθμό λοβών ανά φυτό, αριθμό σπόρων ανά λοβό, συντελεστή συγκομιδής, ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων, μήκος, ύψος και πλάτος σπόρου σε κανονικές συνθήκες άρδευσης και σε συνθήκες καταπόνησης.

Αντίστοιχα στον Πίνακα 3.2. παρουσιάζονται οι μέσοι όροι για την αύξηση της ενυδάτωσης, την ικανότητα ενυδάτωσης, το ποσοστό περιβλήματος του σπόρου, το ποσοστό περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνες, τον χρόνο βρασμού και το pH του σπόρου.

Στον Πίνακα 3.3 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της Ανάλυσης της παραλλακτικότητας (τιμή του στατιστικού F) για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση της άρδευσης, της ποικιλίας αλλά και της αλληλεπίδρασης της άρδευσης με την ποικιλία σε κάθε χαρακτηριστικό.

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται για κάθε χαρακτηριστικό το ποσοστό μείωσης που προκλήθηκε από την υδατική καταπόνηση.

Τέλος στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις κατά Pearson μεταξύ όλων των χαρακτηριστικών.

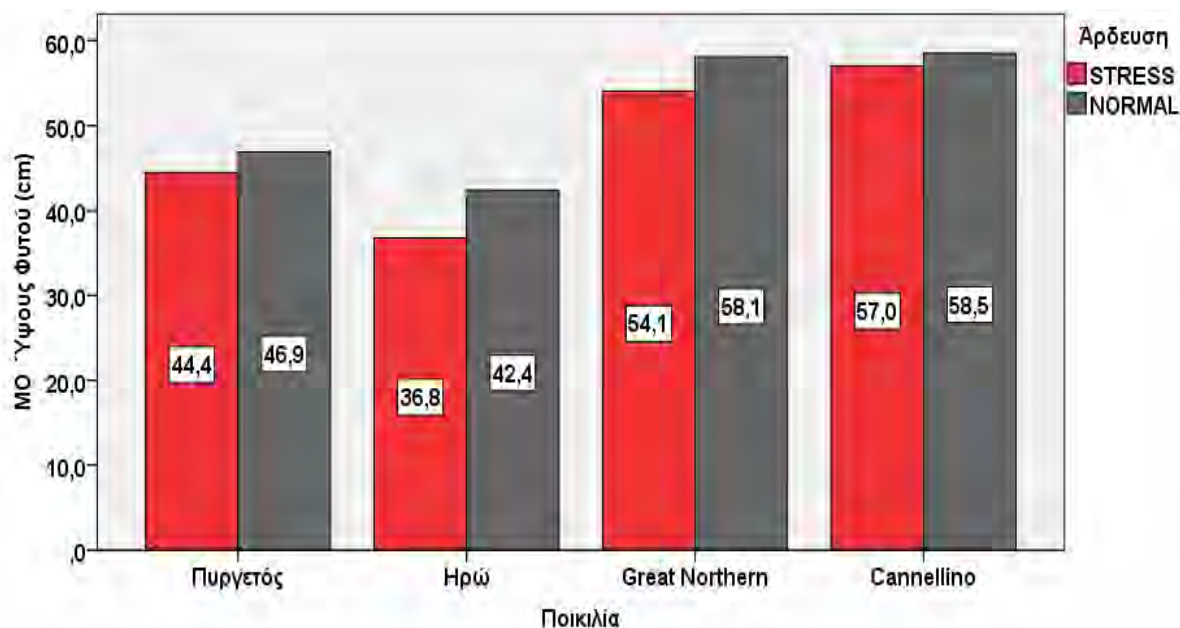
Στους πίνακες για λόγους συντομίας η μεταχείριση της κανονικής άρδευσης θα συμβολίζεται με N (Normal) και η μεταχείριση της καταπόνησης με S (Stress).

### 3.1. Πρωιμότητα ποικιλιών

Η πρωιμότητα είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που σχετίζεται άμεσα με την απόδοση και την παραγωγικότητα των φυτών. Παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Cannellino ήταν πρωιμότερη ακολουθούμενη από την ποικιλία Great Northern, τον Πυργετό και τελευταία την Ηρώ. Στις 14 Ιουνίου που άρχισε η υδατική καταπόνηση η ποικιλία Cannellino βρισκόταν σε πλήρη άνθιση, στη Great Northern είχε αρχίσει η άνθιση (17 Ιουνίου σε πλήρη άνθιση) ενώ στον Πυργετό (21 Ιουνίου σε πλήρη άνθιση) και στην Ηρώ (25 Ιουνίου σε πλήρη άνθιση) δεν είχε αρχίσει ακόμη.

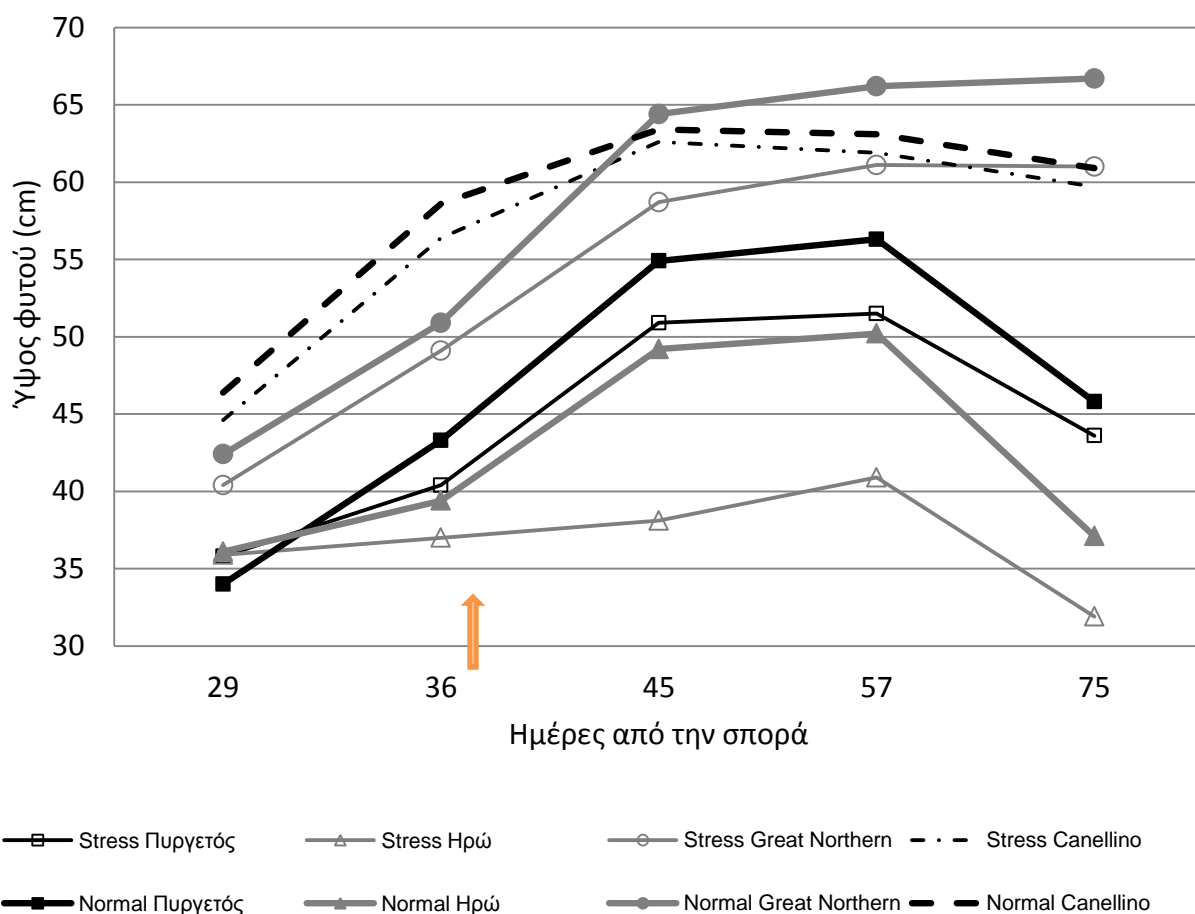
### 3.2. Ύψος φυτού

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.3 το ύψος του φυτού παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όμως δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα από την υδατική καταπόνηση παρουσιάζοντας γενική μείωση της τάξεως του 6,6% συνολικά. Η ποικιλία Cannellino παρουσίασε τη μικρότερη μείωση 2,2% ενώ έδωσε τα ψηλότερα φυτά και στις δύο μεταχειρίσεις (Σχήμα 3.1). Αντίθετα η ποικιλία Ηρώ παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση στο ύψος φτάνοντας στο 13,3%. Από την καταγραφή του ύψους σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας προέκυψε το Σχήμα 3.2. όπου φαίνεται η εξέλιξη της ανάπτυξης του ύψους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου



Σχήμα 3.1. Επίδραση της καταπόνησης στο ύψος του φυτού

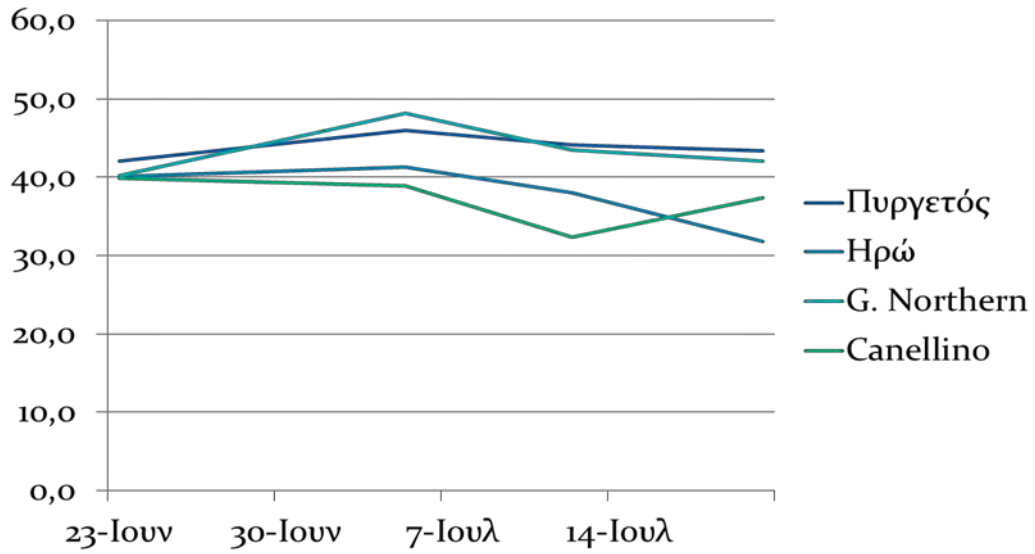
Το ύψος του φυτού συσχετίστηκε θετικά (Πίνακας 3.5) με την απόδοση σε σπόρο (0,661), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,594), τον συντελεστή συγκομιδής (0,644), την αύξηση της ενυδάτωσης (0,448), το μήκος (0,703) και ύψος (0,464) του σπόρου, ενώ παρουσίασε αρνητική συσχέτιση με την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη (-0,584).



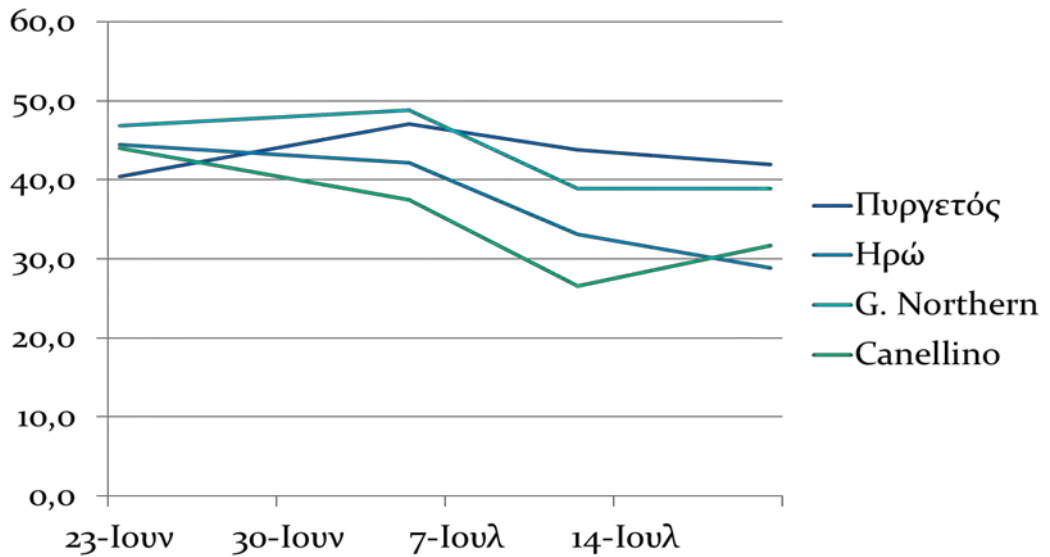
**Σχήμα 3.2.** Εξέλιξη ανάπτυξης ύψους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (το βέλος δείχνει την έναρξη της καταπόνησης)

### 3.3. Δείκτης SPAD

Οι τιμές του δείκτη SPAD διαφοροποιήθηκαν μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης αλλά και μεταξύ των ποικιλιών χωρίς ωστόσο να παρουσιάσουν ιδιαίτερες διαφορές. Η διακύμανση του δείκτη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας τόσο στην κανονική άρδευση όσο και στην καταπόνηση παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3 και 3.4 αντίστοιχα.



**Σχήμα 3.3.** Διακύμανση του δείκτη SPAD στην κανονική άρδευση

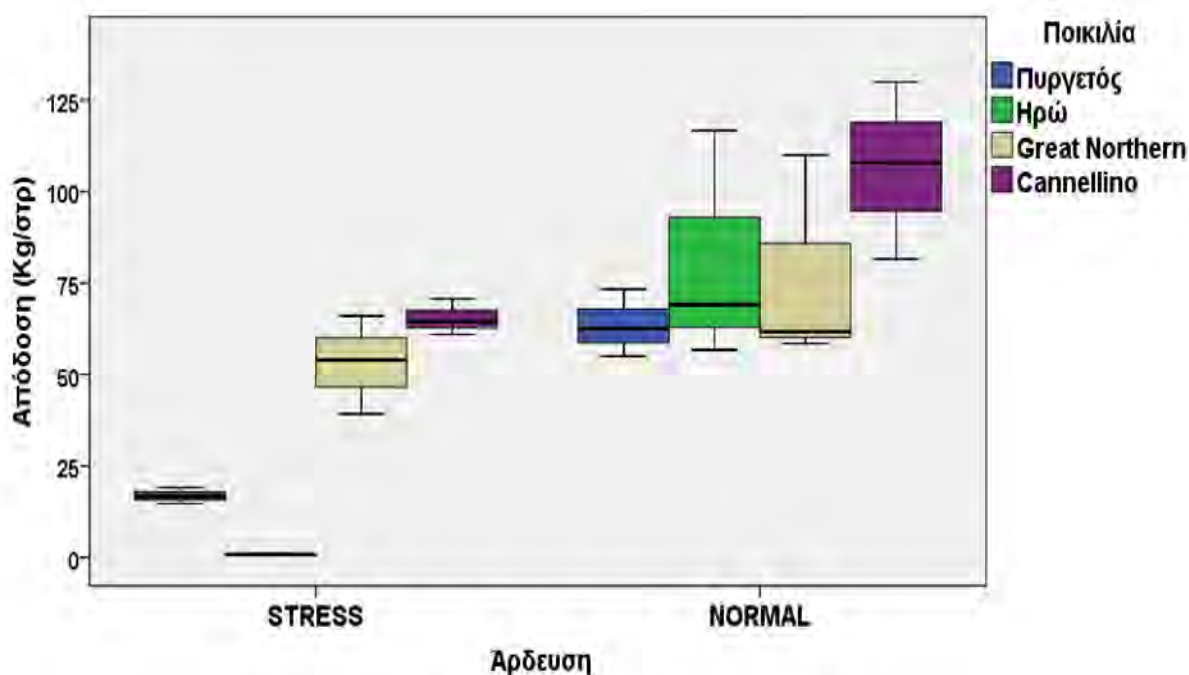


**Σχήμα 3.4.** Διακύμανση του δείκτη SPAD στην υδατική καταπόνηση

### 3.4. Απόδοση και συστατικά απόδοσης

#### 3.4.1. Απόδοση σε σπόρο (SY)

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση σε σπόρο μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων αλλά και μεταξύ των ποικιλιών. Η αλληλεπίδραση μεταχείρισης x ποικιλίες ήταν επίσης σημαντική (Πίνακας 3.3, Σχήμα 3.5).



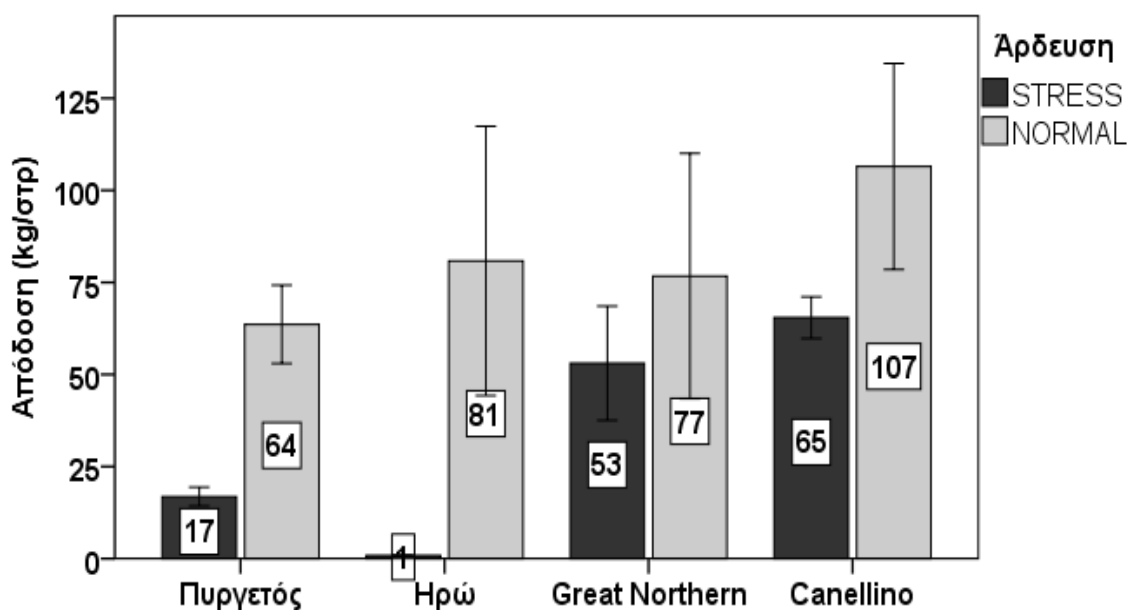
Σχήμα 3.5. Επίδραση της άρδευσης στην απόδοση

Η απόδοση επηρεάστηκε σημαντικά από τη μεταχείριση της υδατικής καταπόνησης σημειώνοντας μέση μείωση 58,4% (47,9 Kg/στρ) (Πίνακας 3.4). Οι ποικιλίες που αξιολογήθηκαν παρουσίασαν διαφορετική αντίδραση στην καταπόνηση (Πίνακας 3.1, Σχήμα 3.6).

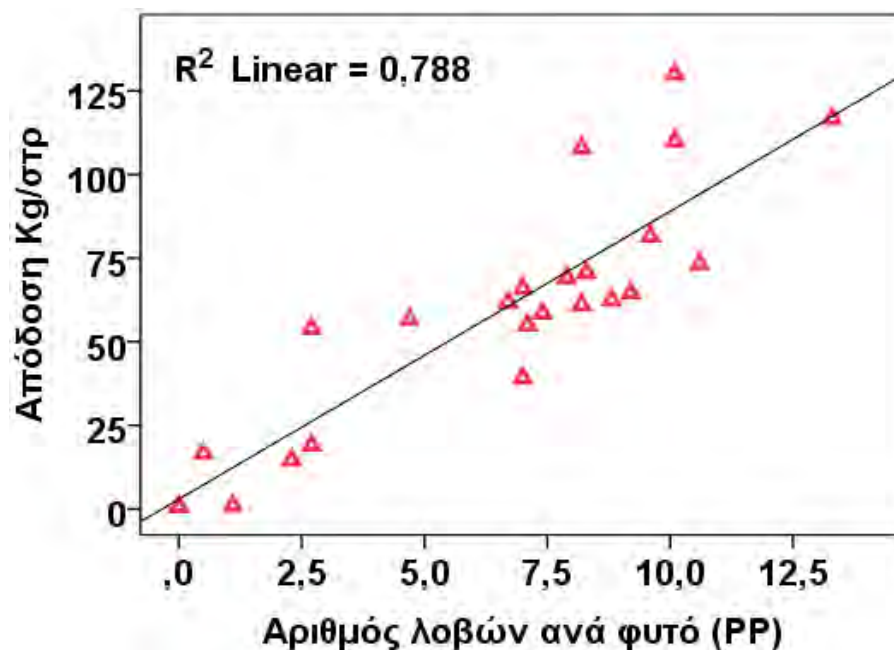
Η ποικιλία Cannellino είχε τη μεγαλύτερη απόδοση τόσο στη μεταχείριση της κανονικής άρδευσης (106,5 Kg/στρ), όσο και στην συνθήκη της υδατικής καταπόνησης (66,4 Kg/στρ), με απόδοση 31,4 Kg/στρ πάνω από το γενικό μέσο όρο στις συνθήκες καταπόνησης. Αντίθετα, η όψιμη ποικιλία Ηρώ ενώ κατατάχθηκε δεύτερη με 80,85 Kg/στρ, μετά την Cannellino στην κανονική άρδευση, είχε πρακτικά

μηδενική απόδοση στη μεταχείριση της καταπόνησης καθώς παρουσίασε μείωση παραγωγής κατά 99% φτάνοντας μόλις στα 0,8 Kg/στρ. Η ποικιλία Great Northern είχε τη μικρότερη μείωση (30,8 Kg/στρ) στην υδατική καταπόνηση αλλά κατατάχθηκε προτελευταία στην κανονική άρδευση, ενώ ο Πυργετός που είχε τη μικρότερη απόδοση στην κανονική άρδευση (63,6 Kg/στρ) εμφάνισε μείωση 73,5% στην υδατική καταπόνηση (16,8 Kg/στρ).

Από τη συσχέτιση της απόδοσης (Πίνακας 3.5) με τα άλλα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν προέκυψε ισχυρή θετική συσχέτιση με τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,888) (Σχήμα 3.7), τον αριθμό σπόρων ανά λοβό (0,622), το συντελεστή συγκομιδής (0,784), το ύψος του φυτού (0,661), το μήκος του σπόρου (0,756) και την ικανότητα ενυδάτωσης (0,612), ενώ παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση (-0,828) με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.



Σχήμα 3.6. Επίδραση της άρδευσης στην απόδοση για κάθε ποικιλία

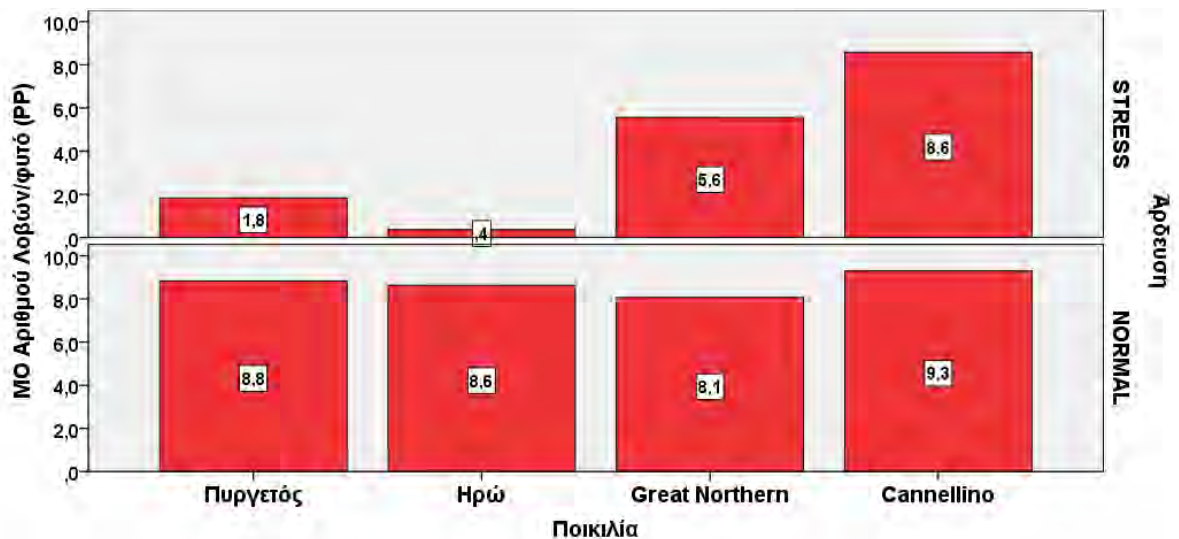


Σχήμα 3.7. Συσχέτιση της απόδοσης με τον αριθμό λοβών ανά φυτό

#### 3.4.2. Αριθμός λοβών ανά φυτό (PP)

Ο αριθμός λοβών ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από τη μεταχείριση της άρδευσης ωστόσο, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 3.3, Σχήμα 3.8) μεταξύ των ποικιλιών ενώ η αλληλεπίδραση της άρδευσης με την ποικιλία ήταν επίσης σημαντική. Γενικότερα παρατηρήθηκε μέση μείωση 53,1% στην μεταχείριση της καταπόνησης με την Ηρώ να παρουσιάζει τη μέγιστη μείωση 95,8% και την Cannellino τη μικρότερη (7,9%) (Πίνακας 3.4).

Καταγράφηκε θετική συσχέτιση (Πίνακας 3.5) του αριθμού λοβών ανά φυτό με την απόδοση σε σπόρο (0,888) (Σχήμα 3.7), τον αριθμό σπόρων ανά λοβό (0,624), τον συντελεστή συγκομιδής (0,752), το ύψος φυτού (0,594), το βάρος 1000 σπόρων (0,439), το μήκος του σπόρου (0,739) και την ικανότητα ενυδάτωσης (0,663). Αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε με το ποσοστό του περιβλήματος (-0,422) και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (-0,737).



Σχήμα 3.8. Επίδραση της άρδευσης στον αριθμό λοβών ανά φυτό

### 3.4.3. Αριθμός σπόρων ανά λοβό (SP)

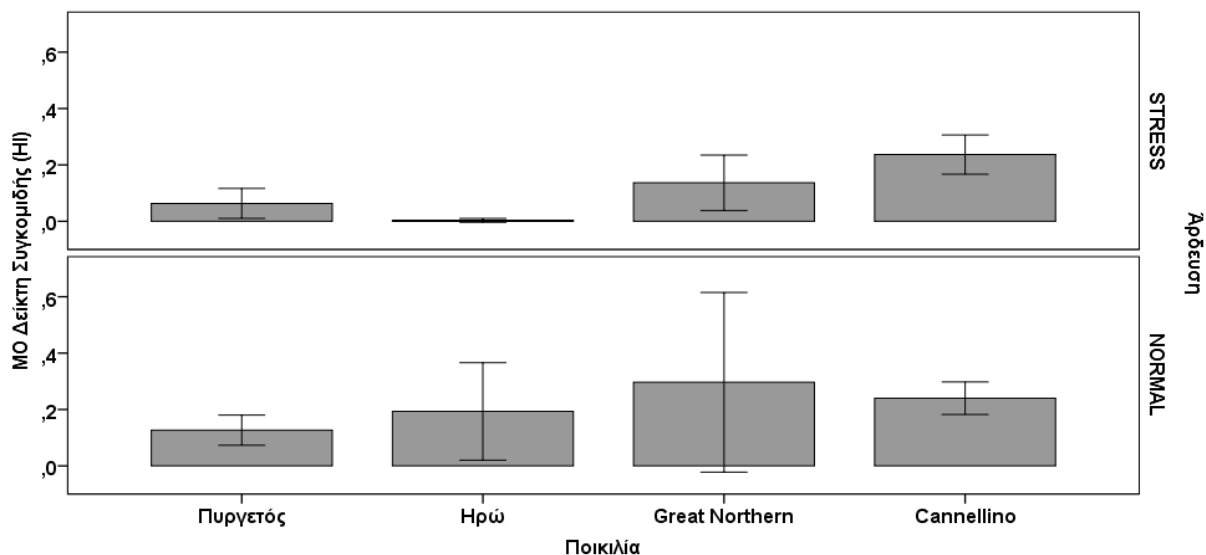
Ο αριθμός σπόρων ανά φυτό δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 3.3) ενώ εμφάνισε μείωση 9,7% κατά μέσο όρο στην μεταχείριση της καταπόνησης που κυμάνθηκε από 5,9% έως 14,1% (Πίνακας 3.4).

Για το χαρακτηριστικό του αριθμού σπόρων ανά λοβό καταγράφηκε θετική συσχέτιση (Πίνακας 3.5) με την απόδοση σε σπόρο (0,622), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,624) και τον συντελεστή συγκομιδής (0,715), ενώ συσχετίστηκε αρνητικά με την αύξηση της ενυδάτωσης (-0,414) και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (-0,552).

### 3.4.4. Συντελεστής συγκομιδής (HI)

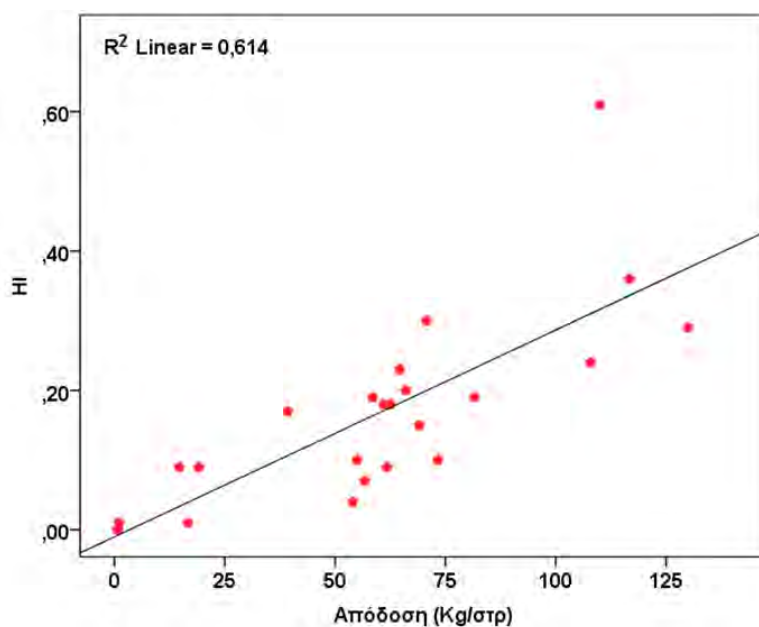
Όπως φαίνεται από την ανάλυση της παραλλακτικότητας (Πίνακας 3.3) για τον συντελεστή συγκομιδής προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Και στα δυο επίπεδα άρδευσης οι τιμές του δείκτη κυμανθήκανε σε χαμηλές τιμές με μέσο όρο 0,11 στην υδατική καταπόνηση και 0,21 (Πίνακας 3.1, Σχήμα 3.9) στην κανονική άρδευση καταγράφοντας μέση μείωση 48,6% στη μεταχείριση της καταπόνησης, ενώ στην Ηρώ η μείωση έφτασε στο 98,3% (Πίνακας 3.4).





**Σχήμα 3.9.** Επίδραση της άρδευσης στον συντελεστή συγκομιδής

Ο δείκτης συγκομιδής συσχετίστηκε θετικά (Πίνακας 3.5) με την απόδοση σε σπόρο (0,784) (Σχήμα 3.10), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,752), τον αριθμό σπόρων ανά λοβό (0,715), το ύψος του φυτού (0,644), το μήκος του σπόρου (0,662), την ικανότητα ενυδάτωσης (0,423) και αρνητικά με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (-0,711).

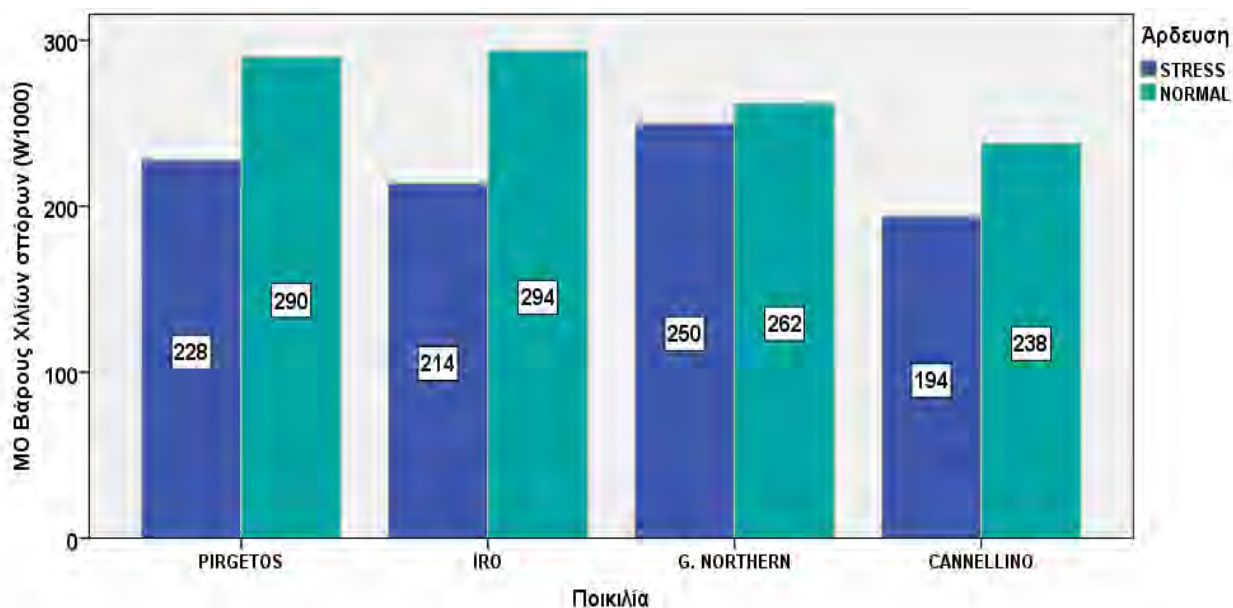


**Σχήμα 3.10.** Συσχέτιση του συντελεστή συγκομιδής με την απόδοση

### 3.5. Βάρος 1000 σπόρων (W1000)

Το βάρος 1000 σπόρων παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης και μέση μείωση 18,3% (Πίνακας 3.4). Η Ποικιλία Ηρώ (Πίνακας 3.1, Σχήμα 3.11) στην κανονική άρδευση έδωσε το μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων (294g) ενώ στη μεταχείριση της καταπόνησης ξεχώρισε η ποικιλία Great Northern με 250g καταγράφοντας την μικρότερη μείωση (4,6%) (Πίνακας 3.4) σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες.

Από τη συσχέτιση κατά Pearson (Πίνακας 3.5) προέκυψε ότι το βάρος 1000 σπόρων παρουσίασε θετική συσχέτιση με τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,439), το πλάτος του σπόρου (0,684), την ικανότητα ενυδάτωσης (0,593) και αντίστοιχα αρνητική συσχέτιση με το ποσοστό του περιβλήματος του σπόρου (-0,611) και τον χρόνο βρασμού (-0,553).



Σχήμα 3.11. Επίδραση της άρδευσης στο βάρος 1000 σπόρων

### **3.6. Διαστάσεις σπόρου**

#### **3.6.1. Μήκος σπόρου (LEN)**

Από τα αποτελέσματα προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών για το μήκος σπόρου όχι όμως και μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης (Πίνακας 3.3). Παρατηρήθηκε μέση μείωση 7,2% στη μεταχείριση της καταπόνησης (Πίνακας 3.4). Η Ηρώ φάνηκε να επηρεάζεται ιδιαίτερα καταγράφοντας τη μέγιστη μείωση 10,5% ενώ η ποικιλία Cannellino είχε το μεγαλύτερο μήκος σπόρου και στις δυο μεταχειρίσεις.

Το μήκος του σπόρου παρουσίασε θετική συσχέτιση (Πίνακας 3.5) με την απόδοση σε σπόρο (0,756), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,739), τον συντελεστή συγκομιδής (0,662), το ύψος του φυτού (0,703) και την ικανότητα ενυδάτωσης (0,652), ενώ συσχετίστηκε αρνητικά μόνο με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (-0,573).

#### **3.6.2. Πλάτος σπόρου (WID)**

Για το χαρακτηριστικό του πλάτους του σπόρου (Πίνακας 3.3) καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, ενώ δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στατιστικώς σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση της άρδευσης με την ποικιλία. Η ποικιλία Ηρώ παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση 12,3% ενώ η ποικιλία Great Northern δεν επηρεάστηκε σχεδόν καθόλου (Πίνακας 3.4).

Το πλάτος του σπόρου συσχετίστηκε θετικά (Πίνακας 3.5) με το βάρος 1000 σπόρων και αρνητικά με την αύξηση της ενυδάτωσης (-0,508), το ποσοστό του περιβλήματος σπόρου (-0,469) αλλά και με τον χρόνο βρασμού (-0,676).

#### **3.6.3. Ύψος σπόρου (HEI)**

Το ύψος του σπόρου παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.3 της ανάλυσης της παραλλακτικότητας.

Η μέση μείωση (Πίνακας 3.4) μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν 3,9%, ενώ η ποικιλία Great Northern είχε το μεγαλύτερο ύψος σπόρου και στις δύο μεταχειρίσεις.

Παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση (Πίνακας 3.5) για το ύψος του σπόρου με το ύψος του φυτού (0,464) και αρνητική συσχέτιση με το ποσοστό του περιβλήματος (-0,620) και τον χρόνο βρασμού (-0,450).

### **3.7. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά**

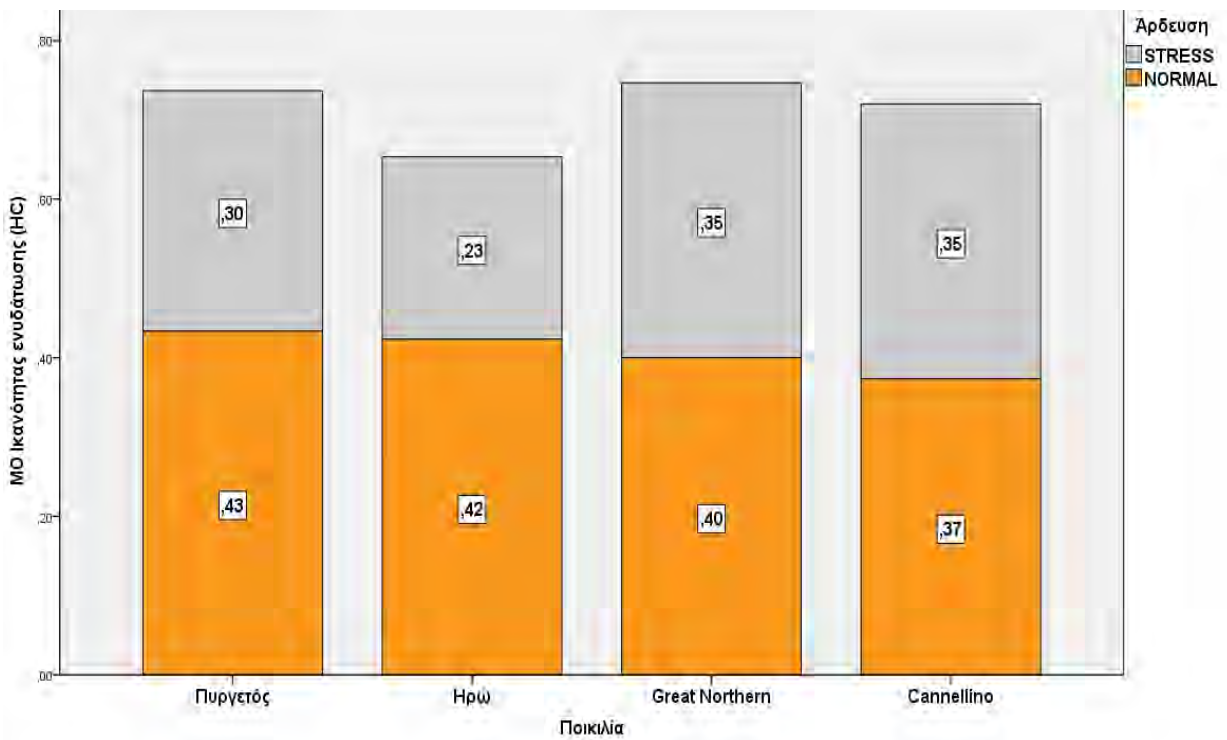
#### **3.7.1. Αύξηση ενυδάτωσης (HI%)**

Η αύξηση της ενυδάτωσης δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ της κανονικής άρδευσης και της καταπόνησης, όμως σημείωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών (Πίνακας 3.3). Η ποικιλία Great Northern, ενώ στην κανονική άρδευση κατατάχτηκε πρώτη ως προς την αύξηση της ενυδάτωσης (Πίνακας 3.1) στην μεταχείριση της καταπόνησης είχε τη μεγαλύτερη μείωση (3,8%) (Πίνακας 3.4).

Από τη συσχέτιση κατά Pearson (Πίνακας 3.5) προέκυψε ότι η αύξηση της ενυδάτωσης συσχετίστηκε θετικά με το ύψος του φυτού (0,448) και αρνητικά με τον αριθμό σπόρων ανά λοβό (-0,414) και το πλάτος του σπόρου (-0,508).

#### **3.7.2. Ικανότητα ενυδάτωσης (HC)**

Από τον Πίνακα 3.3 προκύπτει ότι για την ικανότητα ενυδάτωσης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης. Επίσης καταγράφηκε μέση μείωση 24,7% μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (Πίνακας 3.4) με την ποικιλία Ηρώ να φτάνει στο 45,6% και την ποικιλία Πυργετό στο 30% σε αντίθεση με την ποικιλία Cannellino που δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα από την καταπόνηση αφού σημείωσε μείωση μόλις 7,1% (Σχήμα 3.12).



**Σχήμα 3.12.** Επίδραση της άρδευσης στην ικανότητα ενυδάτωσης

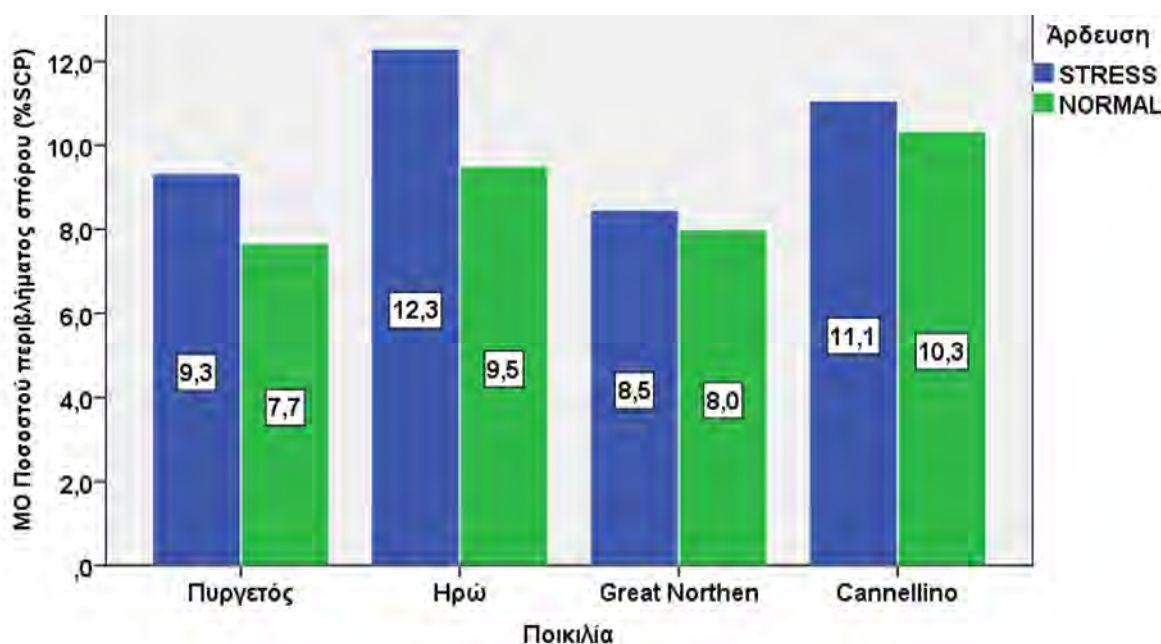
Στον Πίνακα 3.5 παρατηρείται ότι η ικανότητα ενυδάτωσης συσχετίστηκε θετικά με την απόδοση σε σπόρο (0,612), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (0,663), τον συντελεστή συγκομιδής (0,423), το βάρος 1000 σπόρων (0,593) και το μήκος του σπόρου (0,652), ενώ σημείωσε αρνητική συσχέτιση με το ποσοστό του περιβλήματος (-0,699) και την περιεκτικότητα των πρωτεϊνών (-0,486).

### 3.7.3. Ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP)

Όσον αφορά το ποσοστό του περιβλήματος παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 3.3) μεταξύ των ποικιλιών, μεταξύ των δύο επιπέδων άρδευσης ενώ στατιστικά σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση της άρδευσης με την ποικιλία (Σχήμα 3.13). Η ποικιλία Cannellino είχε το μεγαλύτερο ποσοστό περιβλήματος στην κανονική άρδευση (10,3%) ενώ στην υδατική καταπόνηση ήταν δεύτερη με ποσοστό 11,1% αμέσως μετά την Ηρώ (12,3%) (Πίνακας 3.1). Η αύξηση που καταγράφηκε μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων ήταν της τάξεως του 16,0%. Η Ηρώ

σημείωσε αύξηση του ποσοστού κατά 29,5% στην μεταχείριση της υδατικής καταπόνησης και ο Πυργετός κατά 21,7%. Αντίθετα η Great Northern είχε το μικρότερο ποσοστό αύξησης (7,1%) σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες.

Το ποσοστό του περιβλήματος του σπόρου συσχετίστηκε αρνητικά (Πίνακας 3.5) με τον αριθμό λοβών ανά φυτό (-0,422), το βάρος 1000 σπόρων (-0,611), το πλάτος (-0,469) και ύψος του σπόρου (-0,620) και την ικανότητα ενυδάτωσης (-0,699) ενώ συσχετίστηκε θετικά μόνο με τον χρόνο βρασμού (0,628).

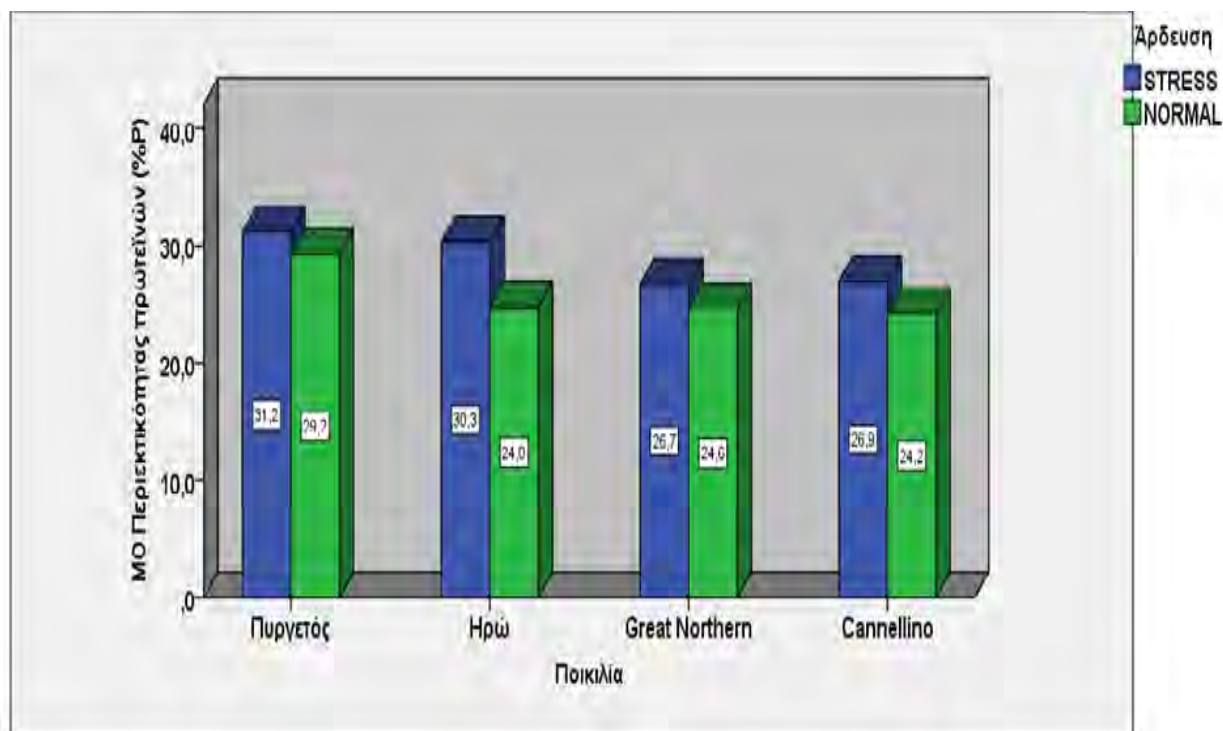


Σχήμα 3.13. Επίδραση της άρδευσης στο ποσοστό του περιβλήματος σπόρου για κάθε ποικιλία

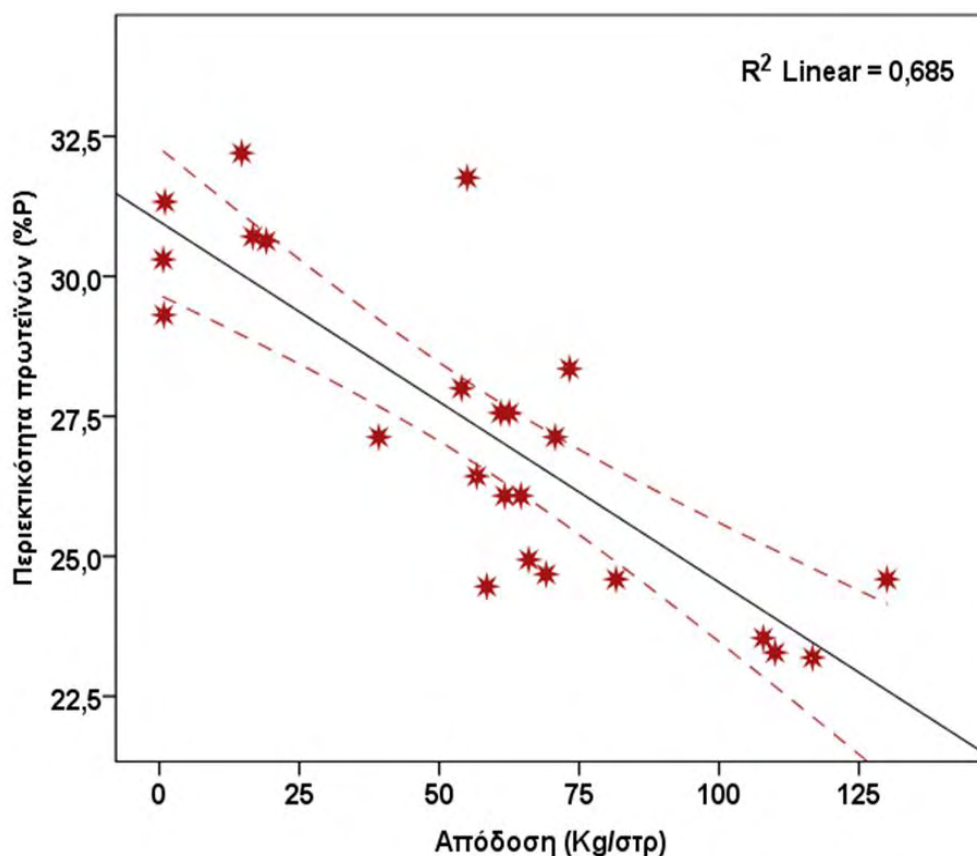
#### 3.7.4. Περιεκτικότητα σπόρων σε πρωτεΐνες (%P)

Καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 3.3) μεταξύ των επιπέδων άρδευσης αλλά και μεταξύ των ποικιλιών. Στην κατάσταση της καταπόνησης, παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση πρωτεϊνών, της τάξης του 11,6% (Πίνακας 3.4), σε όλες τις ποικιλίες και κυρίως στην ΗΡΩ με αύξηση 22,4%, ενώ ο ΠΥΡΓΕΤΟΣ παρουσίασε τη μικρότερη αύξηση (6,7%) μιας και στις δύο μεταχειρίσεις είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πρωτεϊνών (Σχήμα 3.14).

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες συσχετίστηκε αρνητικά (Πίνακας 3.5) με την απόδοση σε σπόρο (-0,828) (Σχήμα 3.15), τον αριθμό λοβών ανά φυτό (-0,737), τον αριθμό σπόρων ανά λοβό (-0,552), τον συντελεστή συγκομιδής (-0,711), το ύψος του φυτού (-0,584) και το μήκος του σπόρου (-0,573) αλλά και με την ικανότητα ενυδάτωσης (-0,486).



**Σχήμα 3.14.** Επίδραση της άρδευσης στο ποσοστό των πρωτεϊνών για κάθε ποικιλία



**Σχήμα 3.15.** Συσχέτιση της περιεκτικότητας πρωτεϊνών με την απόδοση

### 3.7.5. Χρόνος βρασμού (CT)

Ο χρόνος βρασμού επηρεάστηκε σημαντικά από την μεταχείριση της υδατικής καταπόνησης (Πίνακας 5.3) καταγράφοντας σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης αλλά και μεταξύ των ποικιλιών με μέση αύξηση μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων 26,8%. Η ποικιλία Cannellino είχε τον μεγαλύτερο χρόνο βρασμού και στις δύο μεταχειρίσεις (Πίνακας 3.1) και σημείωσε τον μεγαλύτερη αύξηση στην υδατική καταπόνηση 38,5%.

Από τη συσχέτιση κατά Pearson προέκυψε ότι ο χρόνος βρασμού συσχετίστηκε αρνητικά με το βάρος 1000 σπόρων (-,553), το πλάτος (-0,676) και το ύψος (-0,450) του σπόρου και θετικά μόνο με το ποσοστό του περιβλήματος (0,628).



### **3.7.6. pH του σπόρου**

Για το χαρακτηριστικό του pH του σπόρου παρατηρήθηκαν (Πίνακας 3.3) στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων άρδευσης αλλά και μεταξύ των ποικιλιών. Καταγράφηκε μέση μείωση 0,7% μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων με την ποικιλία Great Northern να εμφανίζει τη μεγαλύτερη μείωση 1,5%. Ωστόσο το pH δεν φάνηκε να συσχετίζεται με κάποιο άλλο χαρακτηριστικό που μετρήθηκε (Πίνακας 3.5).

**Πίνακας 3.1.** Μέσοι όροι για απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI) και πλάτος σπόρου (WID) σε κανονικές συνθήκες άρδευσης (N) και σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (S)

Ποικιλία	SY (Kg/στρ)		PP		SP		HI		Ύψος Φυτού (cm)		W1000 (g)		LEN (10 <sup>-3</sup> m)		HEI (10 <sup>-3</sup> m)		WID (10 <sup>-3</sup> m)	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
Πυργετός	63,6 <sup>C</sup>	16,8 <sup>B</sup>	8,8 <sup>A</sup>	1,8 <sup>C</sup>	2,1 <sup>A</sup>	1,9 <sup>A</sup>	0,13 <sup>C</sup>	0,06 <sup>BC</sup>	46,9 <sup>B</sup>	44,4 <sup>C</sup>	290 <sup>AB</sup>	228 <sup>AB</sup>	12,8 <sup>B</sup>	11,5 <sup>B</sup>	5,1 <sup>B</sup>	4,9 <sup>B</sup>	7,1 <sup>B</sup>	6,6 <sup>C</sup>
Ηρώ	80,8 <sup>B</sup>	0,8 <sup>C</sup>	8,6 <sup>A</sup>	0,4 <sup>C</sup>	2,4 <sup>A</sup>	2,0 <sup>A</sup>	0,19 <sup>BC</sup>	0,003 <sup>C</sup>	42,4 <sup>C</sup>	36,8 <sup>D</sup>	294 <sup>A</sup>	214 <sup>BC</sup>	12,1 <sup>C</sup>	10,8 <sup>C</sup>	4,9 <sup>B</sup>	4,8 <sup>B</sup>	7,7 <sup>A</sup>	6,8 <sup>B</sup>
G. Northern	76,7 <sup>B</sup>	53,1 <sup>A</sup>	8,1 <sup>A</sup>	5,6 <sup>B</sup>	2,2 <sup>A</sup>	2,0 <sup>A</sup>	0,30 <sup>A</sup>	0,14 <sup>B</sup>	58,1 <sup>A</sup>	54,1 <sup>B</sup>	262 <sup>BC</sup>	250 <sup>A</sup>	12,4 <sup>BC</sup>	12,1 <sup>A</sup>	6,0 <sup>A</sup>	5,6 <sup>A</sup>	7,0 <sup>B</sup>	7,0 <sup>A</sup>
Cannellino	106,5 <sup>A</sup>	65,4 <sup>A</sup>	9,3 <sup>A</sup>	8,6 <sup>A</sup>	2,3 <sup>A</sup>	2,1 <sup>A</sup>	0,24 <sup>AB</sup>	0,24 <sup>A</sup>	58,5 <sup>A</sup>	57,0 <sup>A</sup>	238 <sup>C</sup>	194 <sup>C</sup>	13,4 <sup>A</sup>	12,6 <sup>A</sup>	5,0 <sup>B</sup>	4,8 <sup>B</sup>	6,3 <sup>C</sup>	6,0 <sup>D</sup>
<b>MO</b>	<b>81,9</b>	<b>34,0</b>	<b>8,7</b>	<b>4,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>0,21</b>	<b>0,11</b>	<b>51,5</b>	<b>48,1</b>	<b>271</b>	<b>221,5</b>	<b>12,7</b>	<b>11,7</b>	<b>5,2</b>	<b>5,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,6</b>
CV%	25,38		28,85		13,8		33,86		3,59		13,11		4,60		5,98		3,29	
LSD <sub>0.05</sub>	13,09		1,64		0,26		0,89		1,59		28,72		0,50		0,27		0,20	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά για  $p < 0,05$  (Duncan)

**Πίνακας 3.2.** Μέσοι όροι για αύξηση της ενυδάτωσης (%HI), ικανότητα ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό περιεκτικότητας πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH

Ποικιλία	%HI		HC		%SCP		%P		CT (min)		pH	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
<b>Πυργετός</b>	119,2 <sup>B</sup>	129,1 <sup>A</sup>	0,43 <sup>A</sup>	0,30 <sup>A</sup>	7,7 <sup>C</sup>	9,3 <sup>C</sup>	29,2 <sup>A</sup>	31,2 <sup>A</sup>	15 <sup>C</sup>	18 <sup>C</sup>	6,45 <sup>A</sup>	6,43 <sup>A</sup>
<b>Ηρώ</b>	113,7 <sup>C</sup>	112,5 <sup>C</sup>	0,42 <sup>AB</sup>	0,23 <sup>B</sup>	9,5 <sup>B</sup>	12,3 <sup>A</sup>	24,8 <sup>B</sup>	30,3 <sup>A</sup>	17 <sup>B</sup>	20 <sup>B</sup>	6,35 <sup>B</sup>	6,35 <sup>BC</sup>
<b>Great Northern</b>	126,0 <sup>A</sup>	121,2 <sup>B</sup>	0,40 <sup>AB</sup>	0,35 <sup>A</sup>	8,0 <sup>C</sup>	8,5 <sup>D</sup>	24,6 <sup>B</sup>	26,7 <sup>B</sup>	15 <sup>C</sup>	18 <sup>C</sup>	6,41 <sup>A</sup>	6,31 <sup>C</sup>
<b>Cannellino</b>	124,3 <sup>A</sup>	123,5 <sup>B</sup>	0,37 <sup>A</sup>	0,35 <sup>A</sup>	10,3 <sup>A</sup>	11,1 <sup>B</sup>	24,2 <sup>B</sup>	26,9 <sup>B</sup>	22 <sup>A</sup>	30 <sup>A</sup>	6,44 <sup>A</sup>	6,37 <sup>B</sup>
<b>MO</b>	<b>120,8</b>	<b>121,6</b>	<b>0,41</b>	<b>0,31</b>	<b>8,9</b>	<b>10,3</b>	<b>25,7</b>	<b>28,8</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>6,41</b>	<b>6,37</b>
<b>CV%</b>	3,69		14,05		5,66		5,66		10,08		0,80	
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>	3,98		0,05		0,48		1,37		3,48		0,05	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά για  $p < 0,05$  (Duncan)

Πίνακας 3.3. Ανάλυση της παραλλακτικότητας για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν

Τιμές στατιστικού F															
Επίδραση	SY	PP	SP	HI	Ύψος Φυτού	W1000	LEN	WID	HEI	%HI	HC	%SCP	%P	CT	pH
Άρδευση	18,260*	10,197 <sup>ns</sup>	0,779 <sup>ns</sup>	1,342 <sup>ns</sup>	2,179 <sup>ns</sup>	19,747*	6,108 <sup>ns</sup>	2,515 <sup>ns</sup>	2,042 <sup>ns</sup>	0,100 <sup>ns</sup>	134,321**	32,729*	157,104**	121,000**	101,162**
Ποικιλία	13,303***	6,663**	0,769 <sup>ns</sup>	3,498*	140,968***	2,365 <sup>ns</sup>	7,539**	27,465***	12,012***	8,736**	1,053 <sup>ns</sup>	40,615***	11,915***	30,091***	4,187*
W x V	3,845*	5,665*	0,137 <sup>ns</sup>	1,124 <sup>ns</sup>	1,548 <sup>ns</sup>	1,210 <sup>ns</sup>	1,055 <sup>ns</sup>	4,817*	0,209 <sup>ns</sup>	3,036 <sup>ns</sup>	3,412 <sup>ns</sup>	5,684*	1,789 <sup>ns</sup>	2,455	1,113 <sup>ns</sup>

\*, \*\*, \*\*\* Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01 και 0,001 αντίστοιχα

<sup>ns</sup>: Μη στατιστικά σημαντικές διαφορές

**Πίνακας 3.4.** Μείωση (%) που προκλήθηκε από την υδατική καταπόνηση στην απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI), πλάτος σπόρου (WID), αύξηση ενυδάτωσης (%HI), ικανότητας ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH

Ποικιλία	SY	PP	SP	HI	Ύψος Φυτού	W1000	LEN	WID	HEI	%HI	HC	%SCP	%P	CT	pH
<b>Πυργετός</b>	73,5	79,2	11,1	50,0	5,3	21,4	10,2	7,9	4,7	-8,4	30,0	-21,7	-6,7	-22,2	0,3
<b>Ηρώ</b>	99,0	95,8	14,1	98,3	13,3	27,2	10,5	12,3	2,0	1,1	45,7	-29,5	-22,4	-20,0	0,1
<b>Great Northern</b>	30,8	31,0	7,7	53,9	6,9	4,6	2,4	-1	5,9	3,8	13,3	-5,8	-7,0	-22,2	1,5
<b>Cannellino</b>	38,4	7,9	5,9	1,4	2,6	18,5	6,0	4,3	2,7	0,6	7,1	-7,1	-11,1	-38,5	1,1
<b>MO</b>	<b>58,4</b>	<b>53,1</b>	<b>9,7</b>	<b>48,6</b>	<b>6,6</b>	<b>18,3</b>	<b>7,2</b>	<b>6,1</b>	<b>3,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>24,7</b>	<b>-16,0</b>	<b>11,6</b>	<b>-26,8</b>	<b>0,7</b>

Το μείον (-) δηλώνει αύξηση

**Πίνακας 3.5.** Συσχετίσεις κατά Pearson μεταξύ των χαρακτηριστικών απόδοση σπόρου (SY), αριθμό λοβών/φυτό (PP), αριθμό σπόρων/λοβό (SP), συντελεστή συγκομιδής (HI), ύψος φυτού, βάρος 1000 σπόρων (W1000), μήκος σπόρου (LEN), ύψος σπόρου (HEI), πλάτος σπόρου (WID), αύξηση ενυδάτωσης (%HI), ικανότητας ενυδάτωσης (HC), ποσοστό περιβλήματος σπόρου (%SCP), ποσοστό περιεκτικότητας πρωτεϊνών (%P), χρόνο βρασμού (CT) και pH σε συνθήκες κανονικής άρδευσης και υδατικής καταπόνησης.

	SY	PP	SP	HI	Ύψος Φυτού	W1000	LEN	WID	HEI	%HI	HC	%SCP	%P	CT	pH
SY	1														
PP	<b>0,888**</b>	1													
SP	<b>0,622**</b>	<b>0,624**</b>	1												
HI	<b>0,784**</b>	<b>0,752**</b>	<b>0,715**</b>	1											
Ύψος Φυτού	<b>0,661**</b>	<b>0,594**</b>	0,184	<b>0,644**</b>	1										
W1000	0,344	<b>0,439*</b>	0,309	0,247	-0,063	1									
LEN	<b>0,756**</b>	<b>0,739**</b>	0,353	<b>0,662**</b>	<b>0,703**</b>	0,211	1								
WID	0,069	0,113	0,218	0,096	-0,293	<b>0,684**</b>	0,060	1							
HEI	0,227	0,183	0,094	0,394	<b>0,464*</b>	0,193	0,373	0,394	1						
%HI	0,007	-0,079	<b>-0,414*</b>	-0,020	<b>0,448*</b>	-0,384	0,102	<b>-0,508*</b>	0,134	1					
HC	<b>0,612**</b>	<b>0,663**</b>	0,183	<b>0,423*</b>	0,320	<b>0,593**</b>	<b>0,652**</b>	0,377	0,384	-0,044	1				
%SCP	-0,365	<b>-0,422*</b>	-0,086	-0,318	-0,305	<b>-0,611**</b>	-0,392	<b>-0,469*</b>	<b>-0,620**</b>	-0,148	<b>-0,699**</b>	1			
%P	<b>-0,828**</b>	<b>-0,737**</b>	<b>-0,552**</b>	<b>-0,711**</b>	<b>-0,584**</b>	-0,364	<b>-0,573**</b>	-0,173	-0,315	0,138	<b>-0,486*</b>	0,217	1		
CT	-0,001	0,022	-0,047	0,075	0,260	<b>-0,553**</b>	0,047	<b>-0,676**</b>	<b>-0,450*</b>	0,126	-0,333	<b>0,628**</b>	-0,043	1	
pH	0,116	0,178	-0,013	0,068	0,134	0,116	0,232	-0,175	-0,071	0,299	0,209	-0,198	0,096	-0,014	1

\* Σημαντική συσχέτιση για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0,05$  και \*\* Σημαντική συσχέτιση για επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0,01$

## 4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

### 4.1. Συζήτηση

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου έγινε καταγραφή της άνθισης για προσδιορισμό της πρωιμότητας των ποικιλιών. Η διαφορά των ποικιλιών που καταγράφηκε ως προς την πρωιμότητα σε συνδυασμό με την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών που επικράτησαν στα τέλη Ιουνίου αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα της απόδοσης στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Συγκεκριμένα στις 25 έως και 27 Ιουνίου υπήρχε ισχυρός καύσωνας με τη μέγιστη θερμοκρασία ημέρας να φτάνει στους 38,8 40,2 και 38,6 °C αντίστοιχα (Σχήμα 2.3). Στη μεταχείριση της καταπόνησης ο συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών και έλλειψης νερού ήταν ιδιαίτερα αισθητές στη ποικιλία Ηρώ στην οποία παρατηρήθηκε ατελής επικονίαση και πτώση των ανθέων και δεν έγινε καρπόδεση των λοβών. Αμέσως μετά την Ηρώ η ποικιλία Πυργετός είχε την μεγαλύτερη επίπτωση ενώ οι άλλες δυο ποικιλίες δεν φάνηκε να επηρεάστηκαν στον ίδιο βαθμό.

Η έναρξη της άνθισης είναι γενετικό χαρακτηριστικό και σε ορισμένες ποικιλίες εξαρτάται από την φωτοπερίοδο και τη θερμοκρασία. Συνήθως γίνεται 28-42 ημέρες μετά από τη σπορά, σε ορισμένες όμως αναρριχώμενες ποικιλίες που καλλιεργούνται σε μεγάλο υψόμετρο, η έναρξη της άνθισης καθυστερεί πολύ περισσότερο (Graham and Ranalli 1997).

Στη συνθήκη της υδατικής καταπόνησης καταγράφηκε και μέση μείωση 6,6% στο ύψος του φυτού ωστόσο φάνηκε να επηρεάζεται κυρίως από το γενότυπο. Η διαφοροποίηση αυτή, που παρατηρήθηκε μεταξύ των ποικιλιών θα μπορούσε να αποδοθεί και στη διαφορά της πρωιμότητας. Οι πιο πρώιμες ποικιλίες Great Northern και Cannellino είχαν ολοκληρώσει σχεδόν την ανάπτυξή τους και η καταπόνηση δεν φάνηκε να τις επηρεάζει ιδιαίτερα σε αντίθεση με την ποικιλία Ηρώ που σημείωσε μείωση 13,3%. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε άλλες εργασίες (Raoofi *et al.*, 2014; Emam *et al.*, 2010; Shenkut *et al.*, 2003; Nielse and Nelson 1998).

Το κοινό φασόλι είναι μια καλλιέργεια ευαίσθητη στην έλλειψη νερού και στις συνθήκες της Μεσογείου η διαθεσιμότητα νερού (νερού βροχόπτωσης και νερού άρδευσης) καθορίζει σημαντικά της απόδοση σε σπόρο (Efetha *et al.*, 2001; Ucar *et al.*, 2009). Ωστόσο ο τύπος η ένταση και η διάρκεια της υδατικής καταπόνησης

επηρεάζουν το επίπεδο της μείωσης της απόδοσης (Shenkut and Brick 2003). Επίσης το φασόλι αν και έχει περιορισμένη γενετική βάση (Singh, 2001) έχουν αναφερθεί διαφορές στην αντίδραση των γενοτύπων (Costa Franca *et al.*, 2000; Omae *et al.*, 2007; Ramirez Builes *et al.*, 2011).

Τα αποτελέσματα της εργασίας μας έδειξαν ότι η απόδοση επηρεάστηκε σημαντικά από την μεταχείριση της υδατικής καταπόνησης σημειώνοντας μέση μείωση 58,4 %. Αντίστοιχα ο Singh (2007) βρήκε μέση μείωση της απόδοσης κατά 52% σε ποικιλίες ξηρού φασολιού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης ενώ οι Urrea *et al.*, (2009) που κυμάνθηκε από 47% έως 69%. Διαφορετική αντίδραση στην υδατική καταπόνηση παρουσίασαν οι ποικιλίες που αξιολογήθηκαν σημειώνοντας μείωση από 30,8% έως 99%. Η υπεροχή της ποικιλίας Cannellino που κατατάγει πρώτη και στις δύο μεταχειρίσεις θα μπορούσε να αποδοθεί στην πρωιμότητά της και στον υψηλό δείκτη συγκομιδής χαρακτηριστικά που θεωρείται ότι συνεισφέρουν στην υψηλή απόδοση σε συνθήκες καταπόνησης (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998; Muñoz-Perea *et al.*, 2006; Ramirez Builes *et al.*, 2011) μαζί με τη βιομάζα και τον αριθμό λοβών ανά φυτό (Acosta-Gallegos and Adams, 1991; Shenkut and Brick, 2003).

Η μείωση της απόδοσης αποδίδεται στη μείωση που προκαλείται στα επιμέρους συστατικά της ωστόσο η σημασία τους ως καθοριστικούς παράγοντες της απόδοσης κυμαίνεται από πείραμα σε πείραμα. Στην παρούσα μελέτη η απόδοση συσχετίστηκε σημαντικά με τον αριθμό λοβών ανά φυτό και τον αριθμό σπόρων ανά λοβό. Τα αποτελέσματα συμφωνούν εν μέρη με τους Castaneda-Saucedo *et al.*, (2009) όπου η υδατική καταπόνηση εφαρμόστηκε σε διάφορα στάδια του φυτού (άνθιση, σχηματισμός λοβών, γέμισμα σπόρου) και είχε μείωση της απόδοσης εκτός από την περίπτωση όπου εφαρμόστηκε στην διάρκεια της άνθισης.

Ο αριθμός λοβών ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από τη μεταχείριση της άρδευσης ωστόσο παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Η παραπάνω παρατήρηση δείχνει ότι το χαρακτηριστικό του αριθμού λοβών ανά φυτό εξαρτάται κυρίως από το γενότυπο και όχι από την υδατική μεταχείριση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο πείραμα φάνηκε ότι ο αριθμός λοβών ανά φυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που συνδέεται πολύ στενά με την απόδοση και συνεπώς μπορεί να αποτελέσει ένα πιο αξιόπιστο κριτήριο έμμεσης επιλογής ποικιλιών με υψηλή απόδοση. Οι Raoofi *et al.*, (2014) βρήκαν ομοίως μεγάλη μείωση του αριθμού λοβών



λόγω καταπόνησης αλλά και επίδραση του γενοτύπου στον αριθμό των λοβών. Ενώ οι Castaneda-Saucedo *et al.*, (2009) κατέγραψαν μείωση 63,9% στον αριθμό λοβών. Επίσης ο αριθμός σπόρων ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση και φάνηκε να εξαρτάται κυρίως από το γενότυπο, αν και μεταξύ των ποικιλιών που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές. Η μέση μείωση ήταν 9,7% ενώ οι Castaneda-Saucedo *et al.*, (2009) βρήκαν 28,9%.

Οι Nielsen and Nelson (1998) διαπίστωσαν ότι κύριος λόγος μείωσης της απόδοσης στο φασόλι σε συνθήκες έλλειψης νερού είναι η μείωση του αριθμού των λοβών και έπειτα η μείωση του αριθμού σπόρων ανά φυτό. Η θετική συσχέτιση της απόδοσης με τον αριθμό λοβών ανά φυτό και τον αριθμό σπόρων ανά φυτό βρίσκει σύμφωνους και τους Abebe and Brick, (2003).

Έντονη υδατική καταπόνηση οδηγεί σε χαμηλές τιμές του συντελεστή συγκομιδής (Munoz-Perea *et al.*, 2006) ενώ οι Ludlow and Muchow, (1988) πρότειναν ότι η βελτίωση του θα μπορούσε να είναι ο καλύτερος τρόπος για αύξηση της προσαρμογής της καλλιέργειας του φασολιού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Σύμφωνα με τον Jain (1971) τα όσπρια παράγουν μεγάλη φυτομάζα αλλά αρκετά λιγότερο καρπό γεγονός που οδηγεί σε χαμηλές τιμές συντελεστή συγκομιδής. Αυτό επιβεβαιώνεται και με την παρούσα μελέτη των τεσσάρων ποικιλιών και στα δυο επίπεδα άρδευσης ως προς τον δείκτη συγκομιδής όπου οι τιμές του δείκτη συγκομιδής ήταν χαμηλές ιδιαίτερα στη μεταχείριση της καταπόνησης παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν στη φακή και οι Vlachostergios and Roupakias (2008). Ακόμη ο συντελεστής συγκομιδής έδειξε αρκετά υψηλή συσχέτιση με την απόδοση (Πίνακας 3.5) και ίσως θα μπορούσε να προταθεί για περαιτέρω διερεύνηση ως κριτήριο έμμεσης επιλογής (Solanki, 2006).

Η υδατική καταπόνησης μείωσε το βάρος 1000 σπόρων σε όλες τις ποικιλίες, σε ποσοστό 18,3%. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Castaneda-Saucedo *et al.*, (2009) με μείωση 10-14,8% στο βάρος 1000 σπόρων ανάλογα με το στάδιο εφαρμογής της καταπόνησης. Αντίθετα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του σπόρου επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την καταπόνηση ενώ διαφορές παρατηρήθηκαν κυρίως μεταξύ των ποικιλιών.

Το μέγεθος των σπόρων των καλλιεργούμενων ποικιλιών ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία. Οι καταναλωτές παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τους σπόρους μεσαίου και μεγάλου μεγέθους αν και οι ποικιλίες με μικρούς σπόρους έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις (Nienhuis, 1986).

Ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παρατηρήθηκε ότι αύξηση ενυδάτωσης δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση, αλλά μόνο από τον γενότυπο. Το ίδιο και το pH των σπόρων. Αντίθετα, η ικανότητα ενυδάτωσης παρουσίασε μέση μείωση -24,7%, με μέγιστη τιμή μείωσης (-45,6%) στην ποικιλία Ηρώ. Επίσης συσχετίστηκε αρνητικά με το ποσοστό του περιβλήματος.

Οι καταναλωτές προτιμούν προϊόντα υψηλής ποιότητας με καλά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή ποικιλιών προσαρμοσμένων σε συνθήκες καταπόνησης. Ο χρόνος βρασμού είναι επίσης ιδιαίτερης σημασίας για τους παραγωγούς και θα πρέπει να είναι μικρός για εξοικονόμηση ενέργειας. Φασόλια με υψηλός συντελεστή ενυδάτωσης/αύξηση απαιτεί μικρότερο χρόνο βρασμού

Το φασόλι θα πρέπει γενικά να μαγειρεύεται, ωστόσο παρατεταμένη αποθήκευση σε υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία οδηγεί στο φαινόμενο κατά το οποίο τα φασόλια ενώ βράζονται για αρκετό χρονικό διάστημα, δεν μαλακώνουν (Kigel, 1999). Μια άλλη εξήγηση για την περίπτωση αυτή δίνεται από τον Agbo *et al.* (1987), όπου τα φασόλια δεν βράζουν εξαιτίας του σκληρού περιβλήματος τους. Η διαφορετικότητα των φασολιών ως προς την ικανότητα του βρασίματος οφείλεται στο διαφορετικό μέγεθος της μικροπύλης, η οποία σχετίζεται με τη διαπερατότητα του περιβλήματος από το νερό. Ο χρόνος βρασμού καθώς και η σκληρότητα του περιβλήματος επηρεάζονται και από τη σύσταση του εδάφους. Σε εδάφη πλούσια σε Ca και Mg αυξάνεται ο χρόνος βρασμού καθώς και η σκληρότητα του περιβλήματος ενώ σε εδάφη φτωχά σε P και Mg μειώνεται ( Paredes- Lopez *et al.*, 1989 ).

Στην ίδια μεταχείριση αύξηση παρατηρήθηκε στο ποσοστό του περιβλήματος αλλά και στον χρόνο βρασμού. Ο χρόνος βρασμού συσχετίστηκε θετικά με το ποσοστό περιβλήματος γεγονός που επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες αλλά απορρίπτεται και από άλλες.

Στην κατάσταση της καταπόνησης, παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση πρωτεϊνών, της τάξης του 11,6%, σε όλες τις ποικιλίες . Στα ψυχανθή όπως και στα

σιτηρά, είναι δεδομένη η ύπαρξη αρνητικής συσχέτισης μεταξύ απόδοσης σε σπόρο και περιεκτικότητας του σπόρου σε πρωτεΐνη (Evans and Gridley, 1979). Στο κοινό φασόλι, οι φαινοτυπικές συσχετίσεις των δύο αυτών χαρακτηριστικών ποικίλουν πολύ αλλά είναι πάντα αρνητικές (Leleji *et al.*, 1972; Kelly and Bliss, 1975). Στη βελτίωση ως προς τα δύο χαρακτηριστικά, έτσι προτάθηκε η επιλογή να αρχίζει ως προς την υψηλή απόδοση και στη συνέχεια μέσα στις υψηλοαποδοτικές οικογένειες να επιλέγονται φυτά με υψηλή περιεκτικότητα πρωτεΐνης (Kelly & Bliss, 1975).

Τα αποτελέσματά μας έδειξαν ότι υπήρχε μια γενική αύξηση του ποσοστού της πρωτεΐνης. Μια πιθανή αιτία για την αύξηση είναι η σύνθεση *de novo* πρωτεϊνών λόγω έλλειψης νερού (De – Mejia *et al.*, 2003). Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με τους Sadeghipour and Aghaei (2012) αντίθετα με τους (Ghanbari, 2013b) που βρήκαν μείωση της συνολικής ποσότητας.

Η μέτρηση του περιεχομένου της χλωροφύλλης (δείκτης SPAD) κυμάνθηκε σε σχετικά χαμηλότερα επίπεδα στη μεταχείριση της καταπόνησης παρουσιάζοντας ωστόσο διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών γεγονός που βρίσκει σύμφωνους τους Akbar *et al.* (2013a). Κατά τους Mafakheri *et al.* (2010) η μείωση της χλωροφύλλης κάτω από συνθήκες στρες οφείλεται κυρίως στην καταστροφή των χλωροπλαστών.

## 4.2. Συμπεράσματα

Το κοινό φασόλι είναι μια πολύ ευαίσθητη καλλιέργεια στην έλλειψη νερού. Μέσω της παρούσας εργασίας επιχειρήθηκε μια προσέγγιση των πραγματικών συνθηκών καλλιέργειας σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Από τα αποτελέσματα της εργασίας προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων της κανονικής άρδευσης και της υδατικής καταπόνησης οι οποίες κυμάνθηκαν από 0,7 έως 58,4%. Στατιστικά σημαντικές διαφορές καταγράφηκαν και μεταξύ των ποικιλιών. Εντοπίστηκαν ποικιλίες οι οποίες έχουν ικανοποιητική απόδοση σε συνθήκες καταπόνησης ενώ παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν ποικιλίες οι οποίες δεν προσαρμόζονται καθόλου σε τέτοιες συνθήκες.

Από τα αποτελέσματα του πειράματος φάνηκε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση των ποικιλιών είναι η πρωιμότητα. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι οι πιο πρώιμες ποικιλίες αξιοποίησαν καλύτερα τη διαθέσιμη υγρασία, απέφυγαν την περίοδο των υψηλών θερμοκρασιών και της έντονης ξηρασίας και είχαν πιο σταθερή απόδοση.

Τα χαρακτηριστικά του σπόρου επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από τις συνθήκες καταπόνησης με το Βάρος 1000 σπόρων να παρουσιάζει μέση μείωση 18,3%.

Από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά η αύξηση της ενυδάτωσης δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση, αλλά μόνο από τον γενότυπο, ενώ η ικανότητα ενυδάτωσης μειώθηκε ιδιαίτερα στην μεταχείριση της καταπόνησης σε αντίθεση με το ποσοστό περιβλήματος, την περιεκτικότητα πρωτεϊνών και τον χρόνο βρασμού που παρουσίασαν αύξηση.

Ο δείκτης SPAD αν και παρουσίασε μείωση στην καταπόνηση δεν μας οδήγησε σε ασφαλή συμπεράσματα τόσο λόγω της μεγάλης διαφοροποίησης μεταξύ των επαναλήψεων όσο και μεταξύ των ατομικών φυτών. Τέλος στο ύψος του φυτού παρατηρήθηκε μικρή μείωση στη υδατική καταπόνηση που θα μπορούσε να θεωρηθεί αναμενόμενη λόγω της διαφοράς στην πρωιμότητα μεταξύ των ποικιλιών.

Από τα αποτελέσματα του πειράματος και τις επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στις τέσσερις ποικιλίες που αξιολογήθηκαν θα μπορούσε να ειπωθεί

συμπερασματικά ότι γίνεται σαφής η σημαντικότητα της δημιουργίας ποικιλιών ικανών να αξιοποιούν όσο το δυνατό καλύτερα την διαθέσιμη υγρασία ιδιαίτερα σε περιοχές με έλλειψη αρδευτικού νερού που αναμένεται να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή.

Για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων προτείνεται λοιπόν:

- Να επιλέγονται πρώιμες ποικιλίες με μικρό βιολογικό κύκλο για να περιορισθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης προκειμένου να αποφευχθούν οι καύσωνες, η μεγάλη ξηρασία, η ανθόρροια και η ελλιπής καρπόδεση
- Συνέχιση του πειραματισμού
- Προγραμματισμός δημιουργίας ποικιλιών ανθεκτικών στην έλλειψη νερού
- Οι ποικιλίες που ξεχώρισαν ως προς την προσαρμοστικότητα τους στην υδατική καταπόνηση και διατήρησαν το παραγωγικό τους δυναμικό μπορούν να αποτελέσουν το γενετικό υλικό σε προγράμματα βελτίωσης για αύξηση της ανθεκτικότητας στην υδατική καταπόνηση..
- Καλύτερη διαχείριση του διαθέσιμου αρδευτικού νερού και εφαρμογή του στα κρίσιμα στάδια της άνθισης και της καρπόδεσης
- Συνέχιση του πειραματισμού

## 5. Βιβλιογραφία

- Abebe, A., and Brick, M.A. (2003). *Traits associated with dry edible bean (Phaseolus vulgaris L.) productivity under diverse soil moisture environments*. Euphytica. 133, p. 339–347.
- Acosta-Gallegos, J.A., and Adams, M.W. (1991). *Plant traits and yield stability of dry bean (Phaseolus vulgaris) cultivars under drought stress*. Journal of Agricultural Science 117, pp. 213–219.
- Acosta-Díaz, E., Acosta-Gallegos, A. J., Trejo-López, C., Padilla-Ramírez, S. J., & Amador-Ramírez, D. M. (2009). *Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress*. Agricultura Técnica en México, 35(4), pp. 416-425.
- Agbo, G.N., Hosfield, G.L., Uebersax, M.A. and Klomparens, K. (1987). *Seed minostructure and its relationships to water uptake in isogenic lines in a cultivar of dry beans*. Food Minostructure. 6: 91-102.
- Arumuganathan, K. and Earle, D.E. (1991). *Nuclear DNA content of some important species*. Plant Mol. Biol. Rep. 9, pp. 208-218.
- Beaver, J.S. and Kelly, J.D. (1994). *Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools*. Crop Science 34 pp. 34-37.
- Beebe S., Gonzalez A. V. and Rengifo J. (2000). *Research on trace minerals in the common bean*, Food & Nutrition Bulletin, 21(4), pp. 387-391.
- Beebe, S., Ochoa, I., Skrock, P., Nienhuis, J. and Tivang, J. (1995). *Genetic diversity among common bean breeding lines developed for Central America*. Crop Science 35 pp.1178-1183.
- Beebe, S., Rao, M. I., Blair, W. M., and Acosta-Gallegos, A. J. (2013). *Phenotyping common beans for Adaptation to drought*. Africa Crop Science, 4(35), pp. 1-20.

- Beebe, S., Rengifo, J. Gaitan, E. Duque M.C., and Tohme, J. (2001). *Diversity and origin of Andean landraces of common bean*. Crop Sci. 41, pp. 854-962.
- Beebe, S., Skroch, P.W., Tohme, J., Duque, M.C., Pedraza, F. and Nienhuis, J. (2000). *Structure of Genetic Diversity among Common Bean Landraces of Middle American Origin Based on Correspondence Analysis of RAPD*. Crop Science 40, pp. 264-273.
- Bishnoi, S. and Khetarpaul, N. (1993): *Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of different pea cultivars*, Food Chemistry, 47, pp. 371-373.
- Bliss, F.A. (1993). *Utilizing the potential for increased nitrogen fixation in common bean*. Plant and Soil 152(15), pp. 7-160.
- Boutraa, T. and Sanders, F. E. (2001). *Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (Phaseolus vulgaris L.)* J. Agron.Crop Sci.187 (4), p. 251-257
- Castañeda-Saucedo, M.C., Córdova-Téllez, L., González-Hernández V.A, Delgado-Alvarado A., Santacruz-Varela A. and García-de los Santos G. (2009). *Physiological performance, yield, and quality of dry bean seeds under drought stress*. INTERCENCIA, 34 (10), pp. 748-754 CARACAS 2009.
- Costa Franca, M.G., Thi, A.T.P., Pimentel, C., Pereyra Rossiello, R.O., Zuily-Fodil, Y., Laffray, D., (2000). *Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress*. Environmental and Experimental Botany 43, p. 227–237.
- De-Mejia EG, Martinez-Resendiz V, Castano-Tostado E, Loarca-Pina G. (2003). *Effect of drought on polyamine metabolism, yield, protein content and in vitro protein digestibility in tepary (Phaseolus acutifolius) and common (Phaseolus vulgaris) bean seeds*. J. Sci. Food Agr. 83: 1022-1030.

- Dilley M.C.R., Deichmann, U., Lerner-Lam, A.L., Arnold, M., Agwe, J., Buys P., Kjekstad, O.L.B. and Yetman, G. (2005). *Natural disaster hotspots: A global risk analysis*. Disaster Management Series, Washington D.C.
- Efetha, A., Harms, T., Bandara, M., (2011). *Irrigation management practices for maximizing seed yield and water use efficiency of Othello dry bean (Phaseolus vulgaris L.) in southern Alberta, Canada*. Irrigation Science 29, pp. 103–113.
- Evans, R.J. and H.E. Gridley (1979). *Prospects for improvement of protein and yield in food legumes*. Cur. Adv. Plant Sci. 32: 1-17.
- Gepts, P. (2004). *Who owns biodiversity and how should the owners be compensated?* Plant Physiology 134, pp. 1295-1307.
- Gepts, P., and Debouck D. (1991). *Origin, domestication, and evolution of the common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. In A. van Schoonhoven and O. Voysest (ed.) Common beans: Research for crop improvement, pp. 7-53. C.A.B. Intl., Wallingford, UK.
- Gebeyehu, P., Wiese, H., and Schubert, S. (2010). *Effects of drought stress on seed sink strength and leaf protein patterns of common bean genotypes*. African Crop Science Journal, 18(2), 75-88.
- GHANBARI, A.A., MOUSAVI, S.H., MOUSAPOUR GORJI, A. (2013). *Effect of water stress on leaves and seeds of bean (Phaseolus vulgaris L.)* Idupulapati RAO, Karaj, IRAN Turkish Journal of Field Crops, 18(1), pp. 73-77.
- Ghanbari, A.A., Shakiba, M.R., Toorchi, M and Choukan R (2013). *Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress*. European Journal of Experimental Biology, 3(1) pp. 487-492
- Graham, P.H. and Ranalli, P. (1997). *Common Bean (Phaseolus vulgaris L.)*. Field Crops Research, 53(1), pp. 131-146



- Iliadis, C. (2001). *Effects of harvesting procedure, storage time and climatic conditions on cooking time of lentils (Lens culinaris Medicus)*. Journal of the Science of Food and Agriculture.
- Jain, H.K. (1971). *New plant types in pulses*. Indian Farming 21(8), p. 9-10
- Jarvis A., Ramirez J., Anderson B., Leibing C., Aggrawal P. and Reynilds M.P., (2010), *Scenario of climate change within the context of agriculture, in climate change and crop production*, Eds., pp. 9-37, CAB International, Oxfordshire, UK.
- Koinange, E.M.K., Singh, S.P., and Gepts, P (1996). *Genetic control of the domestication syndrome in common bean*. Crop Sci. 36, pp. 1037-1045.
- Kelly. J.D. and Bliss F.A. (1975). *Quality factors affecting the nutritive value of bean seed protein*. Crops . Sien. 15: 757-760
- Kelly, J.D., Adams, M.W., Saettler, A.W., Hosfield, G.S., Varner, G.V., Beaver, J.S., Uebersax, M.A., and Taylor, J. (1989). Registration of Mayflower navy bean. Crop Science 29, pp. 1571-1572.
- Kelly, J.D., Adams, M.W. and Varner, G.V. (1987). *Yield stability of determinate and indeterminate dry bean cultivars*. Theor. Appl. Genet., 74, pp. 516-521.
- Leleji O.I.; Dickson M.H. ; Crowder L.V. and J.B. Bourke (1972). *Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans*. Crop . Sien. 12: 168-171.
- Lillemo, M., Ginkel, M.V., Trethowan, R.M., Hernandez, E. and Crossa, J. (2005), *Differential adaptation of CIMMYT bread wheat to global high temperature environments*, Crop Science, 45(6): 2443-2453.

- Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, P. J., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, H. E., . . . Pinto, M. (2006). *Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress: Effects of drought on yield and photosynthesis*. *Journal of Experimental Botany*, 57(3), pp. 685-697.
- Lobell D.B. and Burke M. (2010). *Economic impacts of climate change on agriculture to 2030*, *Climate change and crop production*, 1, pp. 38-49.
- Ma, Y. and Bliss, F. A. (1978). *Seed proteins of common bean*, *Crop Science*, 17(3), pp. 431-437.
- Mafakheri, A., A. Siosemardeh, B. Bahramnejad, P.C. Struik, and Sohrabi, Y. (2010). *Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars*. *Aust. J. Crop Sci.* 4:580-585
- Maiti, R.K. (1997). *Phaseolus spp. Bean Science*. Fst Ed Science Publishers. USA
- Manjeru, P., Madaanzi, T., Makedredza, B., Nciiza, A., & Sithole, M. (2007). *Effects of water stress at different growth stages on components and grain yeild of common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. *African crop science*, 8, pp. 299-303.
- Mejia –Jimenez, A., Munoz, C., Jacobsen, H.C., Roca, W.M. and Singh, S.P. (1994). *Interspecific hybridization between common and tepary bean: Increased hybrid embryo growth, fertility and efficiency hybridization through recurrent and congruity backcrossing*. *Theor. Appl. Genet.* 88, pp. 324-331.
- Kigel J.D. (1999). *Culinary and nutritional quality of Phaseolus vulgaris seeds as affected by environmental factors*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 3(4) 205-209.
- McClellan P, Kami J. and Gepts, P. (2004). *Genomics and genetic diversity in common bean, Legume Crop Genomics*, pp. 60-82 Miklas P. N., Larsen R. C., Riley R., and Kelly J. D., 2000, *Potential marker-assisted selection for bc-1 2*

*resistance to bean common mosaic potyvirus in common bean*, Euphytica, 116(3), pp. 211-219.

Munoz-Perea, C.G., Terán, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T. and Singh, S.P., (2006). *Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars*. Crop Science 46, p. 2111–2120.

Nielsen, D.C. and Nelson, N.O. (1998). Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Sci., 38, pp. 422-427.

Nienhuies J. and S.P. Singh (1986). *Combining Ability Analyses and Relationships Among Yield, Yield Components and Architectural Traits in Dry Bean*. Crop. Sci. 26, pp. 21-27.

Ninou E, Tsialtas, J.T., Dordas, C.A., and Papakosta D.K (2013). *Effect of irrigation on the relationships between leaf gas exchange related traits and yield in dwarf dry bean grown under Mediterranean conditions*. Agricultural Water Management 116, pp. 235– 241.

Omae, H., Kumar, A., Kashiwaba, K. and Shono, M. (2007). *Assessing drought tolerance of snap bean (Phaseolus vulgaris) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters*. Plant Production Science 10, pp. 28–35.

Papoutsis-Costopoulou H. and Gouli-Vavdinoudi E (2001). *Improving a local common bean (Phaseolus vulgaris L.) population for yield, seed size and earliness*. Plant Varieties and Seeds, 14, 25-34.

Piergiovanni A.R., Cerbino D., Della Gatta, C. (2000). *Diversity in seed quality traits of commonbean populations from Basilicata (Southern Italy)*. Plant Breeding, 119, pp. 513-516.

- Paredes M. and Gepts P. (1995). *Extensive introgression of Middle American germplasm into Chilean common bean cultivars*. Genet Resour. Crop. Ev. 42: 29-41
- Porch, Ramirez, H. V., Santana, D., and Harmsen, W. E. (2009). *Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico*. Journal of Agronomy and Crop Science, 195, pp. 328-334.
- Ramirez Builes, V.H., Porch, T.G., Harmsen, E.W. (2011). *Genotypic differences in water use efficiency of common bean under drought stress*. Agronomy Journal 103, pp. 1206–1215.
- Ramirez-Vallejo, P., Kelly, J.D., (1998). *Traits related to drought resistance in common bean*. Euphytica 99, p. 127–136.
- Ramos, M.L.G, Gordon, A.J., Minchin, F.R., Sprent, J.I. and Parsons, R. (1999). *Effect of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (Phaseolus vulgaris L.)*, Annuals of Botany, 83(1), pp. 57-63.
- Raofi, M.M., Ganjali, H.R., and Mehraban, A. (2014). *The effect of water stress and genotype on some characteristics of common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. JNAS Journal of Novel Applied Sciences. pp.1382-1385.
- Rafi M.M., and Vastano B.C. (2002). *Novel polyphenol molecule isolated from licorice root (Glycyrrhizaglabra) induces apoptosis, G2/M cell cycle arrest, and Bcl-2 phosphorylation in tumor cell lines*, J. Agric. Food Chem., 50, pp. 677-684.
- Sadeghipour, O. and Aghaei, P (2012). *Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (Phaseolus vulgaris L.)* International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4-11, pp. 685-690.
- Shenkut, A.A. and Brick, M.A. (2003). *Traits associated with dry edible bean (Phaseolus vulgaris L.) productivity under diverse soil moisture environments*. Euphytica, 133, pp. 339-347.

- Shakouri, M., Valizadeh, M., Noroozi, M. and Eslami, P. (2015). *Correlation of Quantitative Traits with some Physiological traits in Common Bean under Water Deficit Stress*. Biological Forum – An International Journal, 7(1), pp. 1448-1451.
- Silbernagel, M.J. (1986). *Snap bean breeding*. In Breeding Vegetable Crops, AVI Publishing Co. pp: 243-282.
- Singh, S.P. (1989). *Patterns of variation in cultivated common bean (Phaseolus vulgaris, Fabaceae)*. Econ. Bot. 43, pp. 39-57.
- Singh, S.P. (2001). *Broadening the genetic base of common bean cultivars*, Crop Science, 41(6), pp. 1659-1675.
- Singh, S.P. (2007). *Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars*. Agron. J. 99, p. 1219-1225
- Singh, S.P., Molina, A., Urrea, C.A. and Gutierrez, J.A. (1993). *Use of interracial hybridization in breeding the race Durango common bean*. Can. J. Plant Sci. 73, (785–793).
- Singh, S.P., Urrea, C.A., Gutierrez, J.A. and Garcia, J. (1989). *Selection for yield at two fertilizer levels in small seeded common bean*. Can. J. Plant Sci. 69, pp. 1011–1017.
- Singer, S.M., Helmy, Y.I., Maras, A.N. and Abou- Hadid, A.F. (1997). *Growth and development of bean plants (Phaseolus vulgaris L.) grown under water-stress*, Cahiers Options Mediterraneennes, 31(2), pp. 241-250.
- Smartt, J. (1990). *The evolution of agriculturally significant legumes*. Pl. Br. Abs. 60, pp. 725-731.
- Solanki, I.S. (2006). *Comparison of correlations and path coefficients under different environments in lentil (Lens culinaris Medik.)*. Crop Improv 33(1), pp. 70–73.

Szilagyi L. (2003). *Influence of drought on seed yield components in common bean*, Bulgarian Journal of Plant Physiology, pp. 320-330.

Tucker, C.L., and J. Harding. (1975). *Outcrossing in common bean Phaseolus vulgaris L.* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(3), p. 283-285.

Ucar, Y., Kadayifci, A., Yilmaz, H.I., Tuylu, G.I. and Yardimci, N. (2009). *The effect of deficit irrigation on grain yield of dry bean (Phaseolus vulgaris L.) in semiarid regions.* Spanish Journal of Agricultural Research 7, pp. 474–485.

Urrea, C.A. and Singh, S.P. (1994). *Comparison of mass, F2-derived family, and single-seed-descent selection methods in an interracial population of common bean.* Can. J. Plant Sci. 74: 461-464.

Van Schoonhoven A., and Pastor-Corrales M.A., (1987), *Standard system for the evaluation of bean germplasm.* Cali, Colombia, CIAT.

Vlachostergios, D.N. and Roupakias, D.G. (2008). *Response to conventional and organic environment of thirty-six lentil (Lens culinaris Medik.) varieties.* Euphytica 163, pp. 449–457.

Wortmann C.S., Brink, M. and Belay, G. (2006). *Phaseolus vulgaris L. (common bean).* Record from PROTA4U, in PROTA (Plant Resources of Tropical Africa /Ressources végétales de l'Afrique tropicale) Eds., Wageningen, Netherlands.

Παπουτσή - Κωστοπούλου, Ε. (2002). *Αξιολόγηση και βελτίωση εγχώριων πληθυσμών κοινού φασολιού (Phaseolus vulgaris L.), με πολλαπλό κριτήριο επιλογής για τη δημιουργία νέων ποικιλιών.* Διδακτορική. Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Α. Π. Θεσσαλονίκης.

Φασούλας, Α. (1967). *Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής*, Θεσσαλονίκη

<http://penteli.meteo.gr/stations/larissa/>

<http://www.minagric.gr>

