

	<b>תקופת המחקר:</b> 2001-2002	<b>קוד מחקר:</b> 306-0384-02
<b>Subject:</b> GROWTH AND DEVELOPMENT OF AVOCADO ROOTS: EFFECT OF IRRIGATION WITH BRACKISH WATER.		<b>שם המחקר:</b> השפעת השקיה מים שוליים על צימוח ופעילות שורשי אבוקדו
<b>Principal investigator:</b> NIRIT BERNSTEIN		<b>חוקר ראשי:</b> נירית ברנשטיין
<b>Cooperative investigator:</b> MIRIAM ZILBERSTAIN		<b>חוקרים שותפים:</b> מרים זילברשטיין
<b>Institute:</b> Agricultural Research Organization (A.R.O.)		<b>מוסד:</b> מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

### תקציר

אבוקדו- ידוע כעץ הפרי הרגיש ביותר לעקת מלח. תוצאות מחקרי שדה ותצפיות שדה, בשנים האחרונות רומזות לכך כי שורש האבוקדו עשוי למלא תפקיד חשוב בתגובת העץ למליחות. מעט מאוד אינפורמציה קיימת כיום בספרות לגבי תגובת שורשי האבוקדו למלח.

**מטרות העבודה** בפרוייקט היו: 1. לבחון את רגישות שורשי האבוקדו למליחות בהשוואה לרגישות הנוף במגוון כנות, 2. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש בכנות שונות נמצאת בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בשורש, 3. לבחון האם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות שונות נמצאת בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בנוף, 4. לבחון האם עיכוב צימוח השורש נמצא בקורלציה לעיכוב צימוח נוף. **הניסויים** - שבע כנות אבוקדו מערב הודיות, שנבחרו מעצים מצטיינים במטעים מסחריים, על פי קריטריונים של פוריות וצריבות עלים בתנאי מליחות בינונית, שימשו בפרוייקט. הצמחים גודלו בכלי גידול בנפח של 50 ליטר בקרקע והושקו ב 6 mM כלור ו- 4 mM נתרן (ביקורת), או ב 20 mM כלור ו- 18 mM נתרן (מלח) לתקופה של 3 שנים. בשנה השלישית להמלחה נמדדו אפיוני צימוח בנוף ובשורש ושימשו לדירוג הכנות על פי עמידותן למליחות, ולבחינת השפעה דיפרנציאלית של המליחות על צימוח נוף הצמח ושורשו. נמדדה במקביל השפעת מליחות על צימוח נוף ושורש, ותכולת ריכוזי מיקרו ומקרואלמנטים ברקמות הצומחות בשורש ובנוף. בנוסף התבצעו ניסיונות בתמיסות מזון, ובעציצים בקרקע בכנות שונות, לבחינת סף רגישות השורש והנוף למליחות בכנות שונות.

**התוצאות** מדגימות כי צימוח השורש באבוקדו, רגיש למליחות הרבה יותר מאשר צימוח הנוף, בכנות שונות ומשכי המלחה שונים. לגבי השורש: לא נמצא מתאם גבוה בין מידת עיכוב צימוח השורש בכנות השונות, והשתנות תכולות חומרי ההזנה השונים בחשיפה לעקה. לגבי הנוף, נמצא מתאם חיובי בין צבירת נתרן ברקמה הצומחת ומידת עיכוב צימוח נוף, ומתאם שלילי בין ריכוז מגניון ועצמת עיכוב הצימוח.

**מסקנות** - אנו מציעים כי חשוב לבחון את משמעות עיכוב השורש החרף לגבי תפקוד מערכת השורשים הקיימת, ולגבי הצמח כולו. במידה ויתברר כי לעיכוב צימוח השורש החרף השפעה ישירה על מנגנוני הנזק הפעילים בחשיפה למלח, הרי בוודאי יש לשנות כיווני חשיבה קיימים בהקשר לממשק השקיה ובחינת כנות אבוקדו לעמידות המדגישים כיום בעיקר פרמטרים הקשורים בנצר.

ד"ר ח' לתוכנית מחקר מספר 306-0384-02

## השפעת השקיה במים שוליים על צימוח ופעילות שורשי אבוקדו

Growth and development of Avocado roots: effect of irrigation with brackish water

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

נירית ברנשטיין - המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מרכז וולקני  
מרים זילברשטיין - ש"ס, מחקר אזורי חדרה

טכנאית:

מרינה יופה - המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מרכז וולקני

Nirit Bernstein, Institute of Soil Water and Environ. Sci. Volcani Center, P.O. Box 6,

Bet Dagan, 50250. E-mail : [nirit@volcani.agri.gov.il](mailto:nirit@volcani.agri.gov.il)

Miryam Zilbershtaim, Extension Service, Ministry of Agriculture.

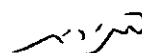
[mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il)

פברואר 2003

אדר ב' תשס"ג

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.  
הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר:



## תקציר

אבוקדו ידוע כעץ הפרי הרגיש ביותר לעקת מלח. תוצאות מחקרי שדה ותצפיות שדה, בשנים האחרונות רומזות לכך כי שורש האבוקדו עשוי למלא תפקיד חשוב בתגובת העץ למליחות. מעט מאוד אינפורמציה קיימת כיום בספרות לגבי תגובת שורשי האבוקדו למלח.

מטרות העבודה בפרוייקט היו: 1. לבחון את רגישות שורשי האבוקדו למליחות בהשוואה לרגישות הנוף במגוון כנות, 2. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש בכנות שונות נמצאת בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בשורש, 3. לבחון האם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות שונות נמצאת בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בנוף, 4. לבחון האם עיכוב צימוח השורש נמצא בקורלציה לעיכוב צימוח נוף.

שבע כנות אבוקדו מערב הודיות, שנבחרו מעצים מצטיינים במטעים מסחריים, על פי קריטריונים של פוריות וצריבות עלים בתנאי מליחות בינונית, שימשו בפרוייקט. הצמחים גודלו בכלי גידול בנפח של 50 ליטר בקרקע והושקו ב 6 mM כלור ו- 4 mM נתרן (ביקורת), או ב 20 mM כלור ו- 18 mM נתרן (מלח) לתקופה של 3 שנים. בשנה השלישית להמלחה נמדדו אפיוני צימוח בנוף ובשורש ושימשו לדירוג הכנות על פי עמידותן למליחות, ולבחינת השפעה דיפרנציאלית של המליחות על צימוח נוף הצמח ושורשו. נמדדה במקביל השפעת מליחות על צימוח נוף ושורש, ותכולת ריכוזי מיקרו ומקרואלמנטים ברקמות הצומחות בשורש ובנוף. בנוסף התבצעו ניסיונות בתמיסות מזון, ובעיצים בקרקע בכנות שונות, לבחינת סף רגישות השורש והנוף למליחות בכנות שונות.

התוצאות מדגימות כי צימוח השורש באבוקדו, רגיש למליחות הרבה יותר מאשר צימוח הנוף, בכנות שונות ומשכי המלחה שונים. לגבי השורש: לא נמצא מתאם גבוה בין מידת עיכוב צימוח השורש בכנות השונות, והשתנות תכולות חמרי ההזנה השונים בחשיפה לעקה. לגבי הנוף, נמצא מתאם חיובי בין צבירת נתרן ברקמה הצומחת ומידת עיכוב צימוח נוף, ומתאם שלילי בין ריכוז מגניון ועצמת עיכוב הצימוח.

אנו מציעים כי חשוב לבחון את משמעות עיכוב השורש החרף לגבי תפקוד מערכת השורשים הקיימת, ולגבי הצמח כולו. במידה ויתברר כי לעיכוב צימוח השורש החרף השפעה ישירה על מנגנוני הנזק הפעילים בחשיפה למלח, הרי בוודאי יש לשנות כיווני חשיבה קיימים בהקשר לממשק השקיה ובחינת כנות אבוקדו לעמידות המדגשים כיום בעיקר פרמטרים הקשורים בנצר.

## מבוא

תכנית המחקר התבססה על תוצאות שהתקבלו בשנים הקודמות בניסיונות פרלימינריים בתנאים מבוקרים שבחנו השפעת מליחות על צימוח והתפתחות אבוקדו. מהתוצאות מתברר כי צימוח שורש האבוקדו בכנה דגניה 117 רגיש פי כמה למליחות מצמוח הנצר. ברמת מליחות של 25 מילימולר נתרן כלורי, שהיא רמת מלח לה נחשפים שורשים בין השקיות במטעים המושקים בקולחים (זילברשטיין וחוב' 1996), קצב הופעת עלים, וצימוחם כמעט ולא הושפע, בעוד התארכות שורש עוכבה בכ- 75%. מעט מאד אינפורמציה קיימת כיום בספרות על תגובת שורשי אבוקדו למלח. לא ידועה משמעות עיכוב צימוח השורש החרף לגבי תפקוד מערכת השורשים הקיימת, ולגבי מערכת הצמח כולו.

שורש האבוקדו מאופיין במבנה מורפולוגי ייחודי: שורשיו מחוסרי יונקות, בעלי דרגת הסתעפות נמוכה במיוחד (שמשמעה פחות קצות שורש פעילים ליחידת נפח מאשר במערכת שורשים מסועפת יותר), והמסה העיקרית של השורש מצויה בשכבת הקרקע העליונה. לתכונות אלו משמעות פוטנציאלית שלילית לגבי קליטת מים וחמרי הזנה, שכן שטח השורש הפעיל בקליטה מצומצם, והמסה העיקרית של השורשים נמצאת בשכבת קרקע מצומצמת החשופה לתנודות בתנאי סביבה.

צמצום הקצאת מים שפירים לחקלאות והמרתם במים מליחים ובמים מושבים שהם מליחים יותר, מעמידים בפני החקלאים את האתגר למצוא דרכים לנצלם תוך מזעור הנזק להנבה ולסביבה. מטעי האבוקדו בישראל קרובים למרכזי האוכלוסיה ולמתקני ההשבחה הגדולים של הקולחים. דרישתם היציבה במשך עונה ארוכה להשקיה מקנה להם יתרון כצרכני מים מושבים. האבוקדו רגיש מאד למליחות כוללת ולהשפעה הספציפית של נתרן וכלור. הנזק מתבטא בירידה ביבול גם במטעים מורכבים על כנות שבוררו בישראל כעמידות למלח על פי מדד של צריבות עלים. רגישותו הגבוהה של האבוקדו למליחות, והמבנה המיוחד של שורשיו העשוי לגרום קשיים פוטנציאליים בקליטת מים וחמרי הזנה דורש ברור הקשר בין מליחות, מורפולוגיית ופעילות השורש, ומשק ההזנה.

במידה ויתברר כי לעיכוב צימוח השורש החריף השפעה ישירה על מנגנוני הנזק הפעילים בחשיפה למלח, ירמז הצורך לשנות כיווני חשיבה קיימים בהקשר לממשק השקיה באבוקדו, ולטיפול ובחינת כנות אבוקדו לעמידות, המדגישים כיום בעיקר פרמטרים הקשורים בנצר. לחלופין תודגש חשיבות בחינת פרמטרים קלי זיהוי הנמצאים בקורלציה עם עיכוב צימוח שורש.

עיכוב צימוח השורש החריף במליחות עלול לשבש אספקת מים ומנרלים לצמח, מתבקש לכן בירור הקשר בין מליחות לרמות חמרי הזנה. האנטראקציה בין מליחות להזנה חשובה במיוחד בהקשר להשקיה במי קולחים, המאופיינים ברמות מלח כמו גם רמות חמרי הזנה גבוהות מאשר במים השפירים. בפרוייקט זה בחנו לכן את הקשר שבין עיכוב צימוח השורש החריף במליחות וצימוח ונזק לנוף ובין מצב ההזנה ברקמות העלה והשורש.

#### מטרות המחקר

1. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החריף שנצפה בכנה דגניה 117 הוא תופעה אופיינית לכנות אבוקדו.
2. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החריף אופייני גם לגידול בקרקע.
3. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החריף מאפיין גם צמחים החשופים למלח תקופה ממושכת (מספר שנים).
4. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש נמצאת בקורלציה עם עיכוב צימוח נוף.
5. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש בכנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בשורש.
6. לבחון האם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בנוף.

#### פרוט העבודה שבוצעה

##### חומרים ושיטות

##### חומר צימחי:

שבע כנות אבוקדו, מהגזע המערב הודי, שימשו בפרוייקט. הכנות נבחרו מעצים מצטיינים ממטעים מסחריים אשר הושקו ברמת מליחות בינונית (250 מ"ג כלור) על פי קריטריונים של הנבה ומיעוט צריבות עלים (Ben Ya'acov et al., 1992). מבין 7 הכנות הנבחרות, 69 vc היא הכנה היחידה המשמשת כיום במטעים מסחריים בארץ. היא ידועה כבעלת עמידות יחסית לתנאי המלחה, על פי קריטריונים של הנבה וצריבות עלים. ששת הכנות האחרות (803 vc, 256 vc, 159 vc, 131 vc, 55 vc, 804) דווחו כבעלות רגישות שונה לצריבות עלים (הירשלנד, 1997). מידת הרגישות לצריבות עלים

עולה מהכנה 256 vc ל- 55 vc על פי הסדר הבא 55<159<69<131<804<803<256. קלונים וגטטיביים של שבע הכנות הנבחרות הוכנו במשתלה מסחרית. כאשר הצמחונים היו בני שנה אחת, הם נשתלו במכלים של 50 ליטר בבית רשת במכון וולקני. שישה שתילים (שש חזרות) מכל כנה נבחרו על פי אחידות השתילים לשמש בניסוי. מכלי הגידול מולאו בתערובת טוף וכבול. בשנת הניסיון הקודמת בחנו את השפעת המליחות על צימוח נוף ושורש בכנות אלו. בשנה הנוכחית בחנו אינטראקציות בין השפעת המליחות על מצב ההזנה בריקמה הצומחת ומידת עיכוב הצימוח.

#### תנאי גידול:

השתילים הושקו דרך מערכת טיפטוף. תמיסת ההשקיה ניתנה בעודף על מנת לאפשר נקז (שטיפה) ולמנוע צבירת מלחים בסביבת השורש. רמת נתרן וכלור בתמיסת הנקז נבדקה במהלך הניסוי. כאמצעי בטחון נוסף למניעת הצטברות מלחים, מכלי הגידול נשטפו פעם בחודש על ידי השקיה במים אשר בעקבותיה ניתנה מיד השקיה בתמיסת המזון הרגילה. ההמלחה החלה חודשיים לאחר העתקת השתילים למכלי הגידול. תמיסת ההשקיה לטיפול הביקורת הכילה 6 mM כלור ו- 4 mM נתרן. תמיסת ההשקיה לטיפול המלח הכילה 20 mM כלור ו- 18 mM נתרן. במשך השנתיים הראשונות להמלחה הצמחים שימשו לעבודת המוסמך של גילה הירשלנד (הירשלנד, 1997), לאחר סיום הפרויקט, במהלך השנה השלישית להמלחה, הצמחים שימשו לפרויקט הנוכחי.

#### מדדות צימות:

נבחנה השפעת עקת המלח על מגוון מדדי צימוח נוף ושורש. קצב הופעה וצימוח ענפים חדשים (Spring flush) נבדק באביב בתקופת הגידול הוגטטיבי הנמרץ, ממאי ועד יולי, במהלך גל צימוח אחד. נמדדו קצבי הופעת ענפים חדשים, שינויים בקוטרי ענפים וגזע, מספר ענפים חדשים, משקל יבש וטרי של ביומסה חדשה בענף, אורך עלים, שטח עלים, משקל יבש וטרי של העלווה החדשה וחלוקת אוכלוסיית העלים החדשים בענף על פי גודלם.

**קוטר הענף** נבדד עם קליפר 60 יום לאחר הנצת הענף, במרחק 1/2 ס"מ מעל נקודת חיבורו לענף מסדר נמוך יותר.

**אורך עלה:** אורך כל עלה בענפים החדשים נמדד כמרחק מקצהו לבסיס הטרף. התוצאות מוצגות כאורך עלה מצטבר לענף, חודשיים לאחר הנצתו.

**שטח עלה:** שטח עלים נמדד על ידי מד שטח עלים נייד (LI-CORE, model Li 3000, Lambda Instruments corporation) חודשיים לאחר הנצת הענף. תוצאות מוצגות כשטח עלים מצטבר לענף. ערכים לעלים בודדים שימשו לצורך חלוקת אוכלוסיית העלים לקטגוריות גודל.

**משקל עלים טרי** נמדד מיד עם הסרתם מהענף. משקל יבש נמדד לאחר ייבוש במשך 48 שעות בתנור ייבוש בטמפרטורה של 60°C.

**קוטר גזע** נמדד עם תום הניסוי, 10 ס"מ מעל לגובה הקרקע, 36 חודשים לאחר תחילת ההמלחה כאשר הצמחים היו בני 48 חודשים.

השפעת הטיפול על צימוח שורשים נבדקה במהלך חודש יולי. קצב התארכות שורשונים נבחן לאורך חלונות פרספקס שנקבעו בדפנות מיכלי הגידול. החלונות כוסו ביריעות ניילון שחור לצורך החשכה ונחשפו פעמיים בשבוע לאור חלש לטווחי זמן קצרים לצורך סימון ומעקב אחר התארכות שורשונים.

#### אנליזות כימיות:

במקביל למדידות הצימוח נלקחו דגימות עלים ושורשים לאנליזות כימיות של תכולות יונים וחמרי הזנה ברקמה.

אנליזת עלים: נבדקו שתי אוכלוסיות עלים. עלים צעירים צומחים, באורך 1.0-1.5 ס"מ, ועלים בוגרים שאך זה הגיעו לגדלם המקסימלי, בארבע חזרות. העלים נשקלו למשקל טרי, ואחר ייבוש ב 60 מ"צ

למשך 48 שעות נשקלו שנית למשקל יבש. מינרלים שנבדקו לתכולתם ברקמה: חנקן, אשלגן, זרחן, סידן, מגנזיום, נתרן, כלוריד, אבץ, מנגן וברזל. אנליזת שורשים: נדגמו קצות שורשים צעירים כמקטע של 3 ס"מ מקצה השורש. השורשים נשקלו למשקל טרי, ואחר ייבוש ב 60 מ"צ למשך 48 שעות נשקלו שנית למשקל יבש. מינרלים שנבדקו: חנקן, אשלגן, זרחן, סידן, מגנזיום, נתרן, כלוריד, אבץ, מנגן וברזל. האנליזות הכימיות בוצעו במעבדות שרות שדה, על פי הנהלים המקובלים.

## תוצאות

### א. צימוח נוף:

על מנת לבחון אינטראקציות בין מידת רגישות שורש ונוף לעקה מלח, חשוב היה למדוד השפעת המליחות על פרמטרים צמחיים בנוף ובשורש במקביל, ובמספר כנות המציגות טווח רגישויות שונה לעקה. לא קיימים כיום בספרות מדדים מקובלים לאמדת רגישות צימוח נוף באבוקדו לעקה. למרות ובמספר עבודות ובמיוחד בעבודות במטע, שימשו פרמטרים כעובי גזע, או גובה העץ כמדדים לרגישות צימוח הנוף למליחות התאמתם של פרמטרים אלו לבחינת רגישות צימוח לא נבחנה. עקב מרכזיות העניין לפרוייקט הנידון, בשלב הראשון למחקר נבדקה התאמתם של פרמטרים צמחיים שונים בנוף, לצורך קביעת מידת רגישות צימוח נוף למליחות ולשם דירוג הכנות הנבחנו על פי מידת רגישות.

שבע הכנות שנבחנו בניסוי נמצאו כבעלות רגישות שונה לעקת מלח. מליחות גרמה לעיכוב צימח נוף ב 4 מתוך 7 הכנות שנבחנו (איור 1 A בנספח). המשקל הטרי של ענפי הצימוח החדשים בכנות אלו פחת ב- 32%-51% (איור 1 B בנספח) והמשקל היבש פחת ב- 42%-58% עקב ההמלחה (איור 1 C בנספח). ייצור הביומסה בשלושת הכנות הנותרות עלה בתנאי המלחה. משקל ביומסה טרי עלה ב- 37%-100% (איור 1 B בנספח) ומשקל ביומסה יבש עלה ב- 41%-59% עקב ההמלחה (איור 1 C בנספח).

צימוח וגטטיבי בצמחים ידוע ברגישותו הרבה למליחות (Lazof and Bernstein, 1999 and references therein). במיוחד גדילת נצר (או נוף) רגישה במיוחד למליחות. מחקרים קודמים באבוקדו הדגימו גם הם עיכוב צימוח נוף כאשר העץ הושקה ברמות נתרן כלורי גבוהות (Bingham et al., 1968; Downton, 1978; Steinhardt et al, 1986; Wallace et al 1955; Oster et al., 1985; Oster and Arpaia, 1992). לאור ממצאים אילו, תוצאותינו לשלושת הכנות המערב הודיות (vc 803, vc 55 vc 159) המציגות עידוד צימוח נוף בתנאי המלחה עשויות להיות מפתיעות. אולם, חשוב לציין כי הכנות שנבחנו לשמש בפרוייקט הן קלונים וגטטיביים של כנות מעצים נבחרים, אשר סומנו ממטעים מסחריים עקב הצטיינותם בתנאי מליחות בינונית (250 מ"ג כלור). תכונות נוף כהגבה ונזקי צריבות עלים שימשו כקריטריונים להצטיינות בשדה. תפקוד כנות אלו בתנאי המלחה, מבחינת צימוח נוף, צפוי לכן כי יהיה משופר בהשוואה לכנות מסחריות ידועות.

הכנות דורגו למידת רגישותן על פי הקריטריון של קצב צבירת ביומסה בנוף. פרמטר זה נבחר כבסיס השוואה ראשוני, לבחינת ההשפעה הדיפרנציאלית האפשרית של העקה על מדדי צימוח אחרים בנוף. קצב הנצת ענפים חדשים וייצור ביומסה בהן הוא בין המרכיבים הקובעים את הפוטנציאל להגבה בשנה הבאה. ב- 4 מתוך 7 הכנות הנבחנו, עקת מלח זירזה הופעת ענפים חדשים (איור 2 בנספח). בעוד בשלושת הכנות האחרות קצב הופעת ענפים חדשים לא הושפע ממליחות (vc 69) או עוכב במליחות (13 ו- 22% בכנה vc 804 ו- vc 131, בהתאמה). ייצור ביומסה מצטבר לצמח בענפי הצימוח החדשים (פקטור של מספר הענפים החדשים וקצב ייצור ביומסה בענף) עלה בחשיפה לתנאי מליחות ב 3 מתוך 7 הכנות (vc 803, vc 55 ו- vc 159). מעניין כי בכנה vc 256, זירוז קצב הופעת הענפים במליחות פיצה עבור עיכוב צבירת

ביומסה בענף, כך שצבירת ביומסה כללית לצמח בענפים חדשים לא פחתה בעקה (איור 2 בנספח, גרף כלול).

כ 131 vc ו- 804 vc שתי הכנות שהדגימו רגישות בינונית לעקה על פי קריטריון של צבירת ביומסה בענף בודד עיכוב צבירת ביומסה כללית בעקה גם הוא הדגים רגישות בינונית לעקה (27 ו- 33% בהתאמה). בדומה, נשמר דירוג הרגישות גם בכנה 69 vc אשר הציגה רגישות גבוה ביותר למליחות על פי הקריטריון של צבירת ביומסה לענף בודד כמו גם ביומסה כללית (אשר פחתה ב- 50% בתנאי מליחות). פרט לכנה 256 vc, סדר הרגישות למליחות נשמר בכל שאר הכנות הנבחנות כאשר הקריטריון להערכה היה צבירת ביומסה לענף ולצמח. מכיוון שטכנית קל הרבה יותר לכמת צבירת ביומסה בענף בודד, אנו מציעים זאת כקריטריון תחליפי לאומדן רגישות צימוח נוף לעקה. אבוקדו מאופיין על ידי מספר גלי צימוח בשנה. לחישוב צבירת ביומסה שנתית יש להביא בחשבון השפעה דיפרנציאלת אפשרית של העקה על גלי צימוח שונים, אן על מספר גלי הצימוח בעונה. מכיוון שגל הצימוח באביב ובמיוחד מספר הענפים החדשים חשיבות לו מבחינת הנבה בשנה העוקבת, בחרנו בשנת המחקר המדווחת בזאת להתמקד בגל הצימוח האביבי.

ניתן לחלק צבירת ביומסה לביומסה של רקמות פוטוסינטטיות (עלים) או רקמות מבניות (ענפים). עקת מלח עשויה להשפיע באופן שונה על כל אחד מהמרכיבים האלו. בעוד שינויים ברקמות הפוטוסינטטיות עשוי להשפיע על הפוטנציאל ליצור קרבוהידרטים (ולכן צימוח וגוטיבי והנבה), הרי שינויים ברקמות המבניות עשוי להשפיע על מבנה העץ וחוזקו הפיסי. תוצאות המוצגות באיור 3 ו- 4 בנספח, מדגימות השפעה שונה של עקת מלח על מאפייני עלים וענפים. משקל עלים טרי מצטבר לענף, אורך ושטח עלים מצטבר לענף עוכבו במליחות ב- 4 מתוך 7 הכנות (69 vc, 256 vc, 131 vc, 804 vc איור 3 בנספח), אותן כנות בהן יצור ביומסה עוכב בעקת מלח (איור 1). משקל טרי של גבעול הענף בארבעת הכנות פחת אף הוא במליחות (איור 4 A בנספח). צימוח עלה הושפע באופן דומה לצימוח גבעול הענף. מידת עיכוב צימוח עלים וגבעול בענף היתה תמיד זהה. בדומה, שיפור צימוח עלים, לווה תמיד בשיפור צימוח רקמת גבעול בענף. מכאן שהקריטריון של צבירת ביומסה כללית בענף, משקף נאמנה את השפעת המליחות על כל אחד משני הפרמטרים המרכיבים אותו.

אורך עלים מצטבר רגיש פחות למליחות מצבירת ביומסה כללית, שטח עלים, או משקל עלים טרי מצטבר. זהו לכן פרמטר טוב פחות לקביעת רגישות הצימוח למליחות. מדידות אורך עלים מצטבר, שטח עלים מצטבר, ותוספת חומר טרי נותנות תוצאות דומות לצבירת ביומסה בענף בהקשר לדירוג הכנות על פי מידת רגישותן למליחות. לעומת זאת, מידת עיכוב הצימוח כפי שמתוארת על ידי מדידות שטח עלים היא נמוכה מעט יותר מהערכים המתקבלים על ידי מדידות צבירת ביומסה בענף. לכן, אנו מציעים כי צבירת ביומסה בענף או לחלופין צבירת משקל טרי של עלווה בענף היא קריטריון מתאים לקביעת רגישות צימוח נוף למליחות.

בעוד שהשפעת המליחות על משקל עלווה טרי דומה להשפעת המליחות על משקל כללי של ביומסה טריה בענף, הרי השפעת המליחות על משקל טרי של גבעול הענף מייצגת יפה משקל יבש כללי לענף.

קצב התארכות הענף וקצב התעבותו (איור 4 C בנספח) משפיעים פחות ממליחות מאשר צבירת ביומסה כללית בענף (איור 4 B בנספח). לא נמצאה קורלציה חיובית בין השפעת המליחות על התארכות הענף או התעבותו ובין קצב צבירת ביומסה בענף (איור 7 בנספח).

קצב הופעת עלים חדשים על ענף צימוח משפע ממליחות (איור 3 B בנספח) אך באופן שונה מקצב צבירת ביומסה. מליחות הפחיתה קצב הופעת עלים ב- 3 מ 7 הכנות הנבחנות (256 vc, 131 vc, 804 vc) וזרזה קצב הופעת עלים בארבעת הכנות הנותרות (69 vc, 803 vc, 55 vc, 159 vc). השפעת המליחות על

צבירת ביומסה בעלים לא נמצאה בקורלציה חיובית עם השפעת המליחות על קצב הופעת עלים. בבירור, סטיה מעין זו מקורלציה חיובית רומזת על כך כי המליחות משפיעה על התפלגות העלים לקטגוריות גודל. נושא זה נבחן באיור 5. בנוסף, סטייה זו פוסלת שימוש בפרמטר קל המדידה והלא הרסני של קצב הופעת עלים, כקריטריון להערכת השפעת מליחות על צימוח נוף באבוקדו.

עקת מלח שינתה את התפלגות העלים לקטגוריות גודל. בשני הטיפולים, מרבית העלים נמצאו תמיד בקטגוריית הגודל בינוני ( $80-20$  ס"מ<sup>2</sup> (איור 5 בנספח). בשלוש הכנות העמידות ביותר למליחות (vc 803, vc 55, vc 159, vc), אחוז העלים הבינוניים ( $80-20$  ס"מ<sup>2</sup>) ירד מאד במליחות ואחוז העלים הגדולים כמו גם גודל העלה המקסימלי עלה. מכיוון שבכנות אלו עקת מלח גרמה רק עליה קטנה ( $2-17\%$ ) במספר העלים בענף, הרי העלייה הגדולה בשטח עלים מצטבר לענף (איור C 3 בנספח /  $44-106\%$  בכנות העמידות נבעה מעליה באחוז עלים גדולים.

בארבעת הכנות שהציגו רגישות צימוח נוף למליחות (vc 69, vc 256, vc 131, vc 804), גודל עלה הושפע באופן שונה ממליחות. בשתי הכנות הרגישות ביותר (vc 256, vc 69), העלים בעלי גודל בינוני עלה בהשפעת העקה, ו% העלים הגדולים והגודל המקסימלי של העלים פחת. הירידה הגדולה ביצור ביומסת עלים בכנות אלו ( $50\%$  / איור 3A בנספח) וב שטח עלים (איור 3C /  $40\%$ ) נגרם על ידי הירידה באחוז העלים הגדולים וגודל עלה מקסימלי. זירוז קצב הופעת עלים במליחות ב vc 69 לא היה מספיק לפצות על הפחיתה באחוז העלים הגדולים וגודל עלה מקסימלי, ולכן לא מנע את הירידה בשטח עלים מצטבר.

ב vc 804 ו vc 131 אשר הציגו רגישות בינונית למליחות השפעת המליחות על מספר ושטח עלים היתה דומה. בכה vc 804, מליחות השפיעה אך מעט על התפלגות העלים לקבוצות גודל. הירידה בביומסת עלים ושטח עלים נגרמה על ידי פחיתה במספרם ( $20\%$  / איור B 3 בנספח). הפחיתה הגדולה יותר בביומסת עלים בענף בכנה vc 131 נובעת והקטנת % העלים הבינוניים ( $40-100\%$  / איור 5 בנספח).

חשוב לציין כי התוצאות המוצגות באיור 5 הן תאור של נקודת זמן אחת (דגימה הרסנית) שנבחרה לייצג גידול למשך 60 יום. בלתי ניתן להבחין בשיטה זו באם עלה קטן הוא עדיין קטן וגדל, או לחלופין עלה בוגר אשר התפתחותו נעצרה מקדם עקב ההמלחה, כפי שקורה לעיתים בעצים החשופים לרמות מלחות גבוהות. בדיקות לא הרסניות של קצב צימוח עלים בזמן נדרשות לברור עניין זה.

מליחות עיכבה התעבות גזע בשבע הכנות הנבחנו ( $6-38\%$  / איור A 6 בנספח). השפעה דומה של מליחות על קוטר גזע דווחה במספר עבודות (Bingham et al., 1968; Downton, 1978; Kadman, 1963; Oster et al., 1985) לכנות אבוקדו אחרות, וצירופי כנה-רוכב שונים. עיכוב קוטר גזע, הוא אינדיקטור טוב לחשיפת העץ למליחות, אך אינו פרמטר מתאים לקביעת עמידות ורגישות צימוח הנוף למליחות. בכנות שנבחנו בפרויקט זה, לא נמצאה קורלציה בין עיכוב התעבות הגזע, וצבירת ביומסה על ידי הנוף במליחות. השפעת המליחות על התעבות הגזע גם לא נמצאה בקורלציה עם השפעת המליחות על התעבות גבעול הענף (איור C 4 בנספח), משקלו (איור A 4 בנספח) התארכותו (איור B 4 בנספח) או מספר ענפים חדשים (איור 2 בנספח).

איור 7 (בנספח) בוחן הקשר בין רגישות צימוח הנוף לעקה (מחושבת כעיכוב צבירת ביומסה בענף) ובין שינויים בפרמטרי גדילה ספציפיים בכל אחת משבע הכנות. מודגמת קורלציה חיובית בין עמידות צימוח נוף הכנה ובין צבירת ביומסת עלים בענף, שטח עלים ואורך עלים מצטבר בענף. שנויי במספר ענפים חדשים, מספר העלים בענף, אורך הענף, וקוטר הענף לא נמצאו בקורלציה עם עמידות הנוף למליחות.



בתוצאות המתוארות מעלה אנו מציגים טווח רחב של תגובות צימוח נוף למליחות. דירוג הכנות עלפי מידת עמידותן למליחות וכימות מידת עיכוב הצימוח מאפשרת השוואה עם מידת עיכוב צימוח שורש. בחלק הבא, נבחנה רגישות השורש למליחות, באופן השוואתי לרגישות צימוח הנוף למליחות.

### ב. צימוח שורש:

השפעת עקת המלח על צימוח שורש נבחנה באותם השתילים ששימשו לדירוג עמידות צימוח הנוף למליחות. בכל הכנות הנבחנות, התארכות השורש עוכבה על ידי ההמלחה (איור 8 בנספח). פרט לכנה אחת (vc 69) בה צימוח השורש נמצא עמיד במיוחד למליחות, דירוג הכנות על פי עמידותן למליחות היה זהה על פי קריטריונים של צימוח נוף ושורש. קצב התארכות השורשונים נמצא רגיש יותר לעקה מקצב צימוח הנוף. לדגמא, בכנה vc 256, צימוח הנוף עוכב 50% במליחות, בעוד צימוח השורש עוכב 90%. בכנה vc 131 צימוח נוף עוכב 45% מליחות בעוד צימוח שורש עוכב 65%. בכנה vc 804 צימוח נוף עוכב 33% במליחות, בעוד צימוח שורש עוכב 55%. בשלש הכנות העמידות ביותר למליחות (vc 159, vc 55, vc 803) שבהן צימוח הנוף לא רק שלא עוכב אלא אף זורז במליחות, צימוח השורש עוכב 38-45%. תוצאות אלו מדגישות את ייחודיותו של האבוקדו מבחינת תגובת מערכת שורשיו לעקת מלח. בניגוד לצימחי חקלאור רבים אחרים, בהם רגישות הנצר (או הנוף) לעקת מלח גבוהה יותר מאשר רגישות שורש, באבוקדו צימוח השורש רגיש למליחות יותר מאשר צימוח הנוף. תופעה זו נמצאה כללית למגוון כנות, לגידול בתמיסת מזון ולקרע, למשכי המלחה קצרים (שבועות וחודשים) וארוכים (3 שנים).

### ג. האם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה

#### ברקמה?

#### נתרן וכלור

Cl : בכל הכנות פרט לאחת (vc 131) תכולת כלור בעלים עלתה עקב החשיפה למליחות (איור 2), והתכולה בעלים בוגרים היתה גבוהה מאשר בעלים צעירים צומחים. מידת העליה בתכולת הכלור לא נמצאת בקורלציה עם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות השונות (איור 5) עובדה הרומזת לכך כי השוני ברגישות הכנות השונות למליחות לא נובע משינויים במידת צבירת כלור.

Na : תכולת נתרן בעלים עלתה באופן כללי בהשפעת מליחות, אך פחות מתכולת כלור (איור 2). בעלים צעירים צומחים מידת העליה בתכולת נתרן מובהקת ב 5 מבין 7 הכנות. שתי הכנות בהן העליה לא היתה מובהקת (VC 55 ו 159) גדילתן לא עוכבה במליחות. מידת העליה בתכולת הנתרן נמצאת בקורלציה שלילית ( $r = -0.85$ ) עם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות השונות (איור 4).

#### מיקרואלמנטים

Mn : שבע הכנות ששימשו בנסיונות בפרוייקט שונות באופן דרמטי בתגובת הצימוח שלהן למליחות (תוצאות שנה א'), כמו גם בהשפעת מליחות על צבירת מנגן ברקמות העלה הצומחות (איור 3). אולם, השינויים המושרים בתכולות מנגן בעלים הצומחים לא נמצאות בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב הצימוח (איור 5).

Fe : בדומה למנגן, הכנות הנבדקות נבדלו בהשפעת מליחות על תכולת מנגן בעלים הצעירים (איור 3). תכולת הברזל עלתה (vc 131, cv 69), ירדה (vc 55, 803, cv 804), או לא השפעה ממליחות (vc 159, cv 256). תגובת רקמות עלים בוגרים היתה שונה כמותית (לדגמא, vc 131) כמו גם איכותית (לדגמא VC 256) מתגובת רקמות עלה צומחות. תופעה הרומזת כי בדומה למנגן, קליטת או תנועת ברזן בצמח

מושפעות באופן שונה ממליחות. השינויים הנגרמים בתכולת ברזל בעלים הצעירים הצומחים לא נמצאו בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב הצימוח ( $r=0.14$  / איור 5).

Zn : הזנה באבץ פחות רגישה למליחות בהשוואה לברזן ומנגן. בשש מתוך שבע הכנות הנבדקות תכולות אבץ בעלים הצעירים כמו גם המבוגרים לא הושפעו ממליחות (איור 3). רק בכנה אחת, VC 159, תכולת האבץ פחתה באופן מבהק בתנאי מלח. תכולת האבץ בעלים צעירים ובוגרים דומה, בדומה להשפעת המליחות על תכולות האבץ. הכנות הנבדקות הראו פחות וריאביליות בתגובת תכולות האבץ בעלים למליחות, בהשוואה לתכולות ברזל ומנגן. השינויים הנגרמים בתכולת אבץ בעלים הצעירים הצומחים לא נמצאו בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב הצימוח ( $r=0.71$  / איור 5).

#### N-P-K

N : השפעת עקת מלח על תכולת N בעלים לא היתה שונה באופן מבהק בכנות השונות, למרות הוריאביליות הרבה בתגובת צימוח נוף הכנות למליחות (איור 4). באופן כללי, תכולת חנקן בעלים צעירים לא הושפעה באופן מבהק ממליחות. מכאן, ששינויים בתכולות חנקן לרקמות העלה הצומחות לא נמצאו. בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב הצימוח הרקמות אלו (איור 5).

גם בעלים הבוגרים, תכולת חנקן בארבע הכנות הרגישות ביותר למליחות (vc 69, 256, 131 and 804) לא הושפעה ממליחות (איור 3). ובשתי הכנות העמידות ביותר למליחות (vc 803 and 159), תכולת חנקן אף ירדה בהשפעת עקת מלח.

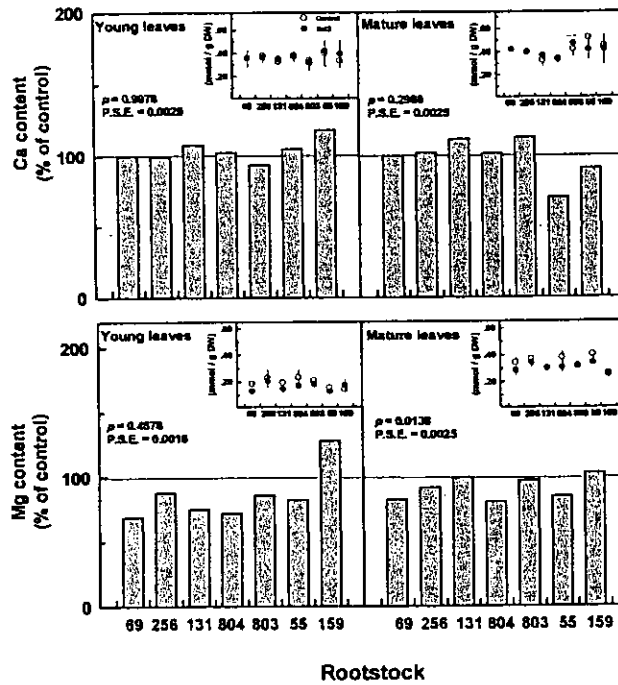
P : צבירת זרחן בארבעת הכנות הרגישות יותר למליחות (vc 69, 256, 131, 804) עלתה באופן מבהק עקב החשיפה למליחות (איור 4) אך מידת העליה לא נמצאה בקורלציה עם מידת רגישות הצימוח למליחות (איור 5). בשלוש הכנות הנותרות, מליחות גרמה לעליה (vc 803), ירידה (vc 55), או לא השפיעה (vc 159) על צבירת זרחן בעלים צעירים צומחים. תכולות זרחן בעלים המבוגרים נמוכות מאשר בצעירים ב 3 כנות (cv 804, 803, 55) תכולת זרחן בעלים הצעירים לא השפעה ממליחות, ובכנה אחת, vc 159, תכולת זרחן פחתה במליחות.

K : בתנאי עקת מלח צבירת K בעלים הצעירים עלתה בארבע מהכנות (cv 256, 131, 804, 803) ובעלים המבוגרים בשלוש כנות (vc 69, 256, 803). בשאר המקרים תכולת K לא השפעה ממליחות (איור 4). מידת העליה באשלגן במליחות איננה שונה בין הכנות השונות ( $p=0.1192$  / איור 4), ואיננה נמצאת בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב הצימוח ( $r=-0.29$  / איור 5).

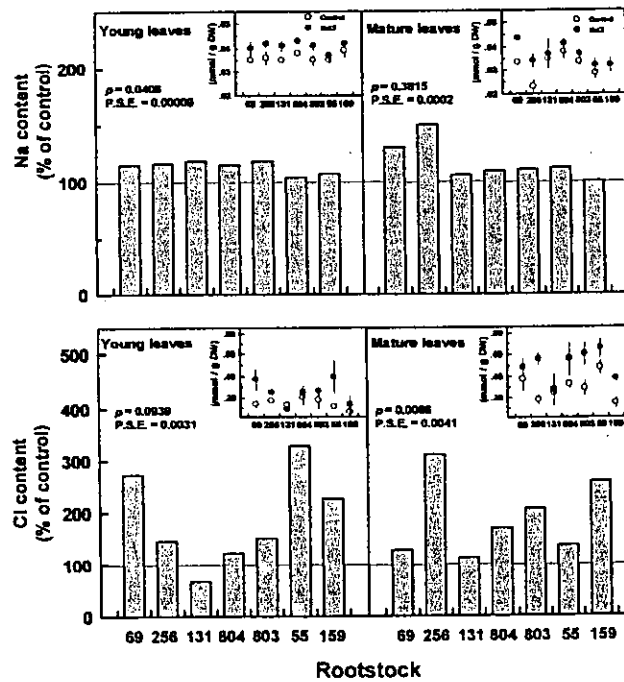
#### סידן ומגניז

Ca : בכל הכנות הנבדקות, תכולת סידן בעלים צעירים כמו גם בוגרים לא הושפעה ממליחות (איור 1). בהתאם, לא נמצאה קורלציה גבוהה בין מידת עיכוב הצימוח והשפעת המליחות על תכולת סידן ברקמה ( $r=0.74$  / איור 5).

Mg : פרט לכנה VC 159, מליחות גרמה לפחיתה בריכוז מגניז בעלים הצעירים הצומחים (איור 1). גם בעלים הבוגרים מליחות גרמה לירידה בריכוז מגניז ב- 4 מבין הכנות הנבדקות. המתאם הגבוה ביותר בין מידת עיכוב צימוח הנוף במליחות בכנות השונות, והשתנות תכולות יסודות הזנה, נמצא במגניז ( $r=0.74$  / איור 5).

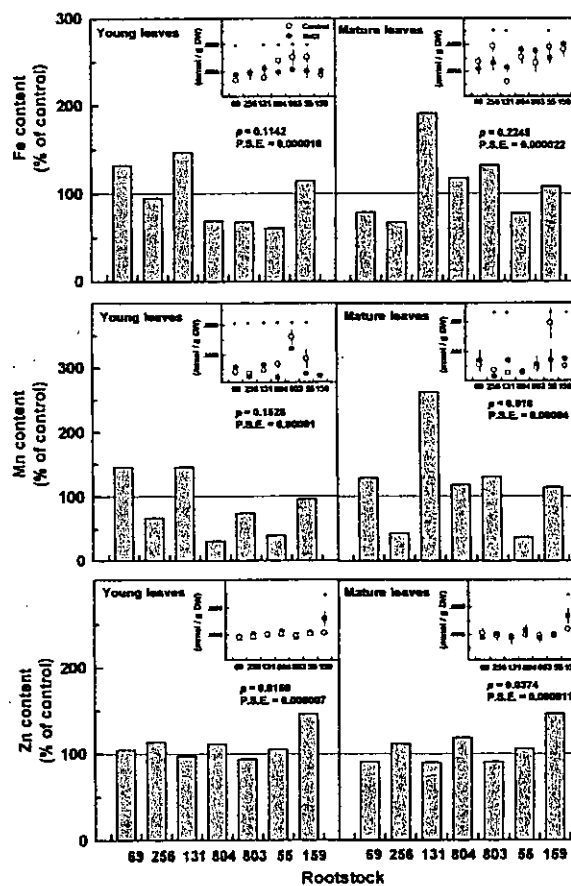


**איור 1:** השפעת עקת מלח על תכולת מגנזיום וסידן בעלים צעירים צומחים, ובעלים בוגרים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).

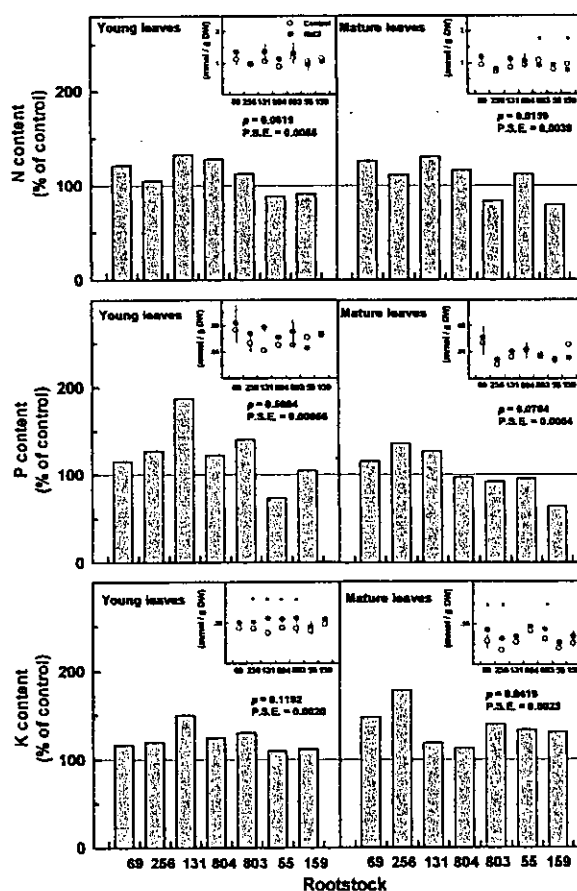


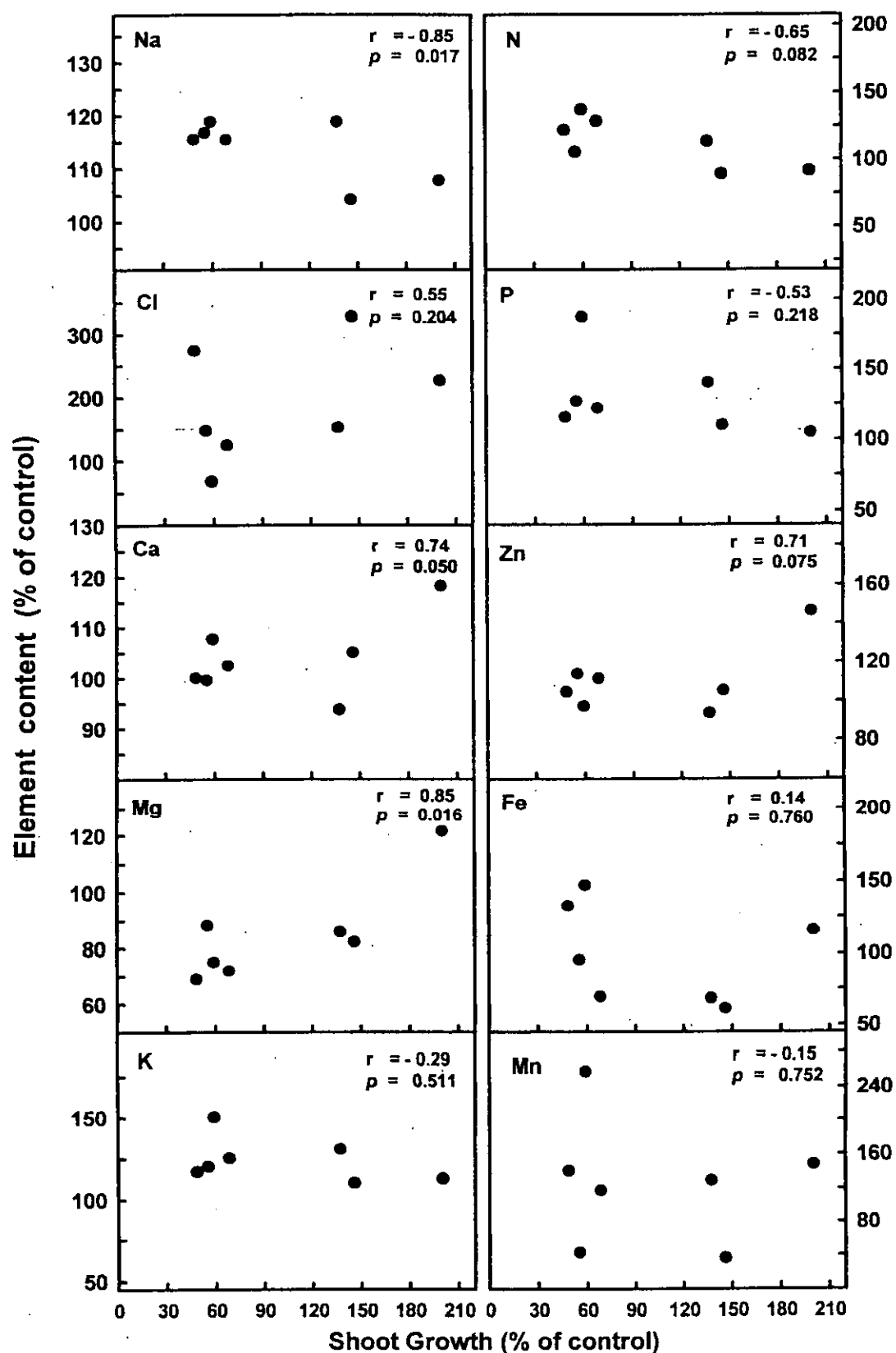
**איור 2:** השפעת עקת מלח על תכולת כלור ונתרן בעלים צעירים צומחים, ובעלים בוגרים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).

**איור 3:** השפעת עקת מלח על תכולת אבץ, ברזל ומנגן בעלים צעירים צומחים, ובעלים בוגרים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).

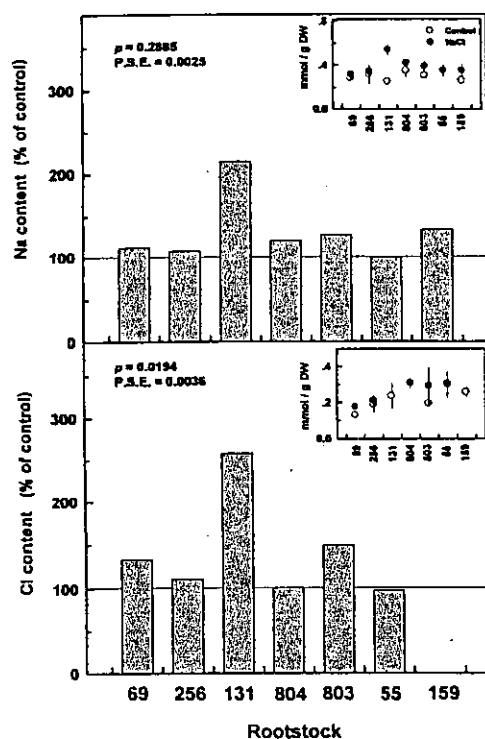


**איור 4:** השפעת עקת מלח על תכולת חנקן, זרחן ואשלגן בעלים צעירים צומחים, ובעלים בוגרים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).

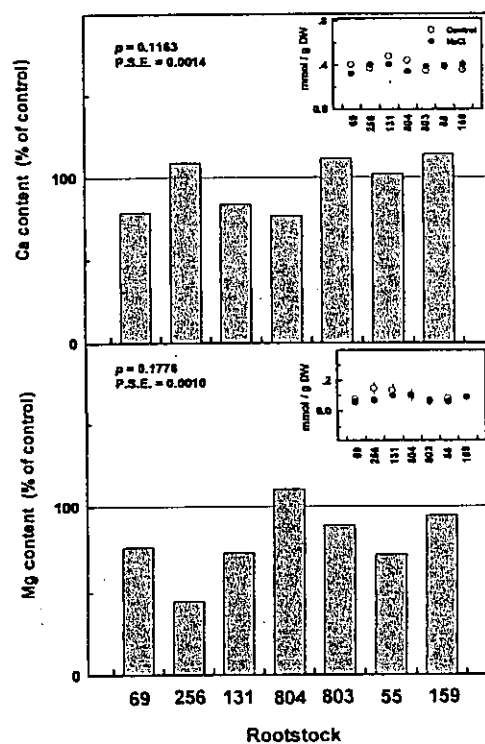




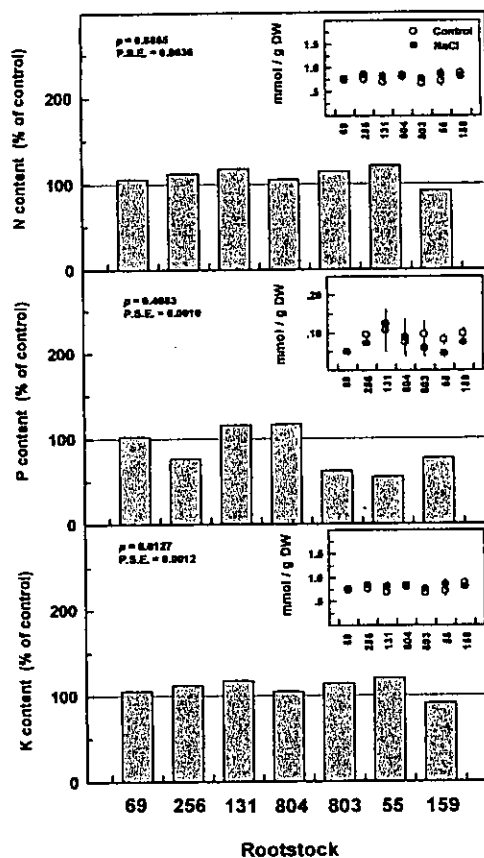
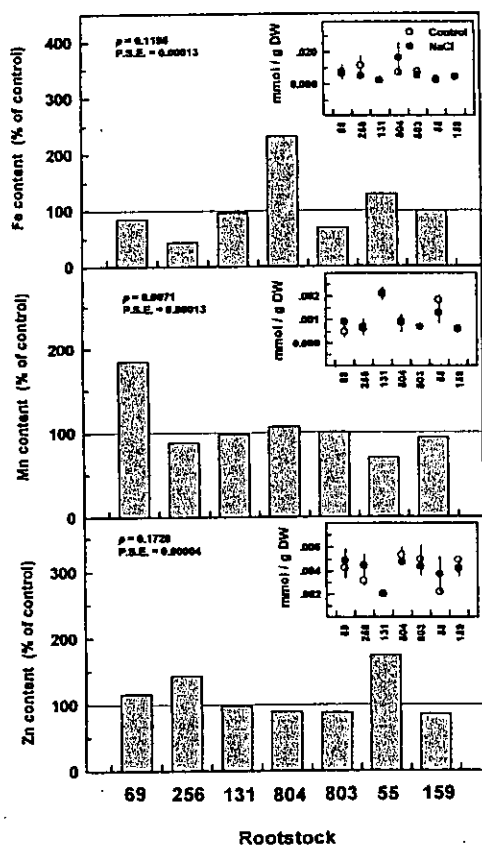
**איור 5:** בחינת קורלציות בין מידת עיכוב צימוח עלים בחשיפה למליחות, והשתנות ריכוזי יסודות הזנה ברקמות עלים צעירים צומחים.



**איור 7:** השפעת עקת מלח על תכולת כלור ונתרן בשורשים צעירים ב-7 כנות אבוקדו. ( $n=4$ ).

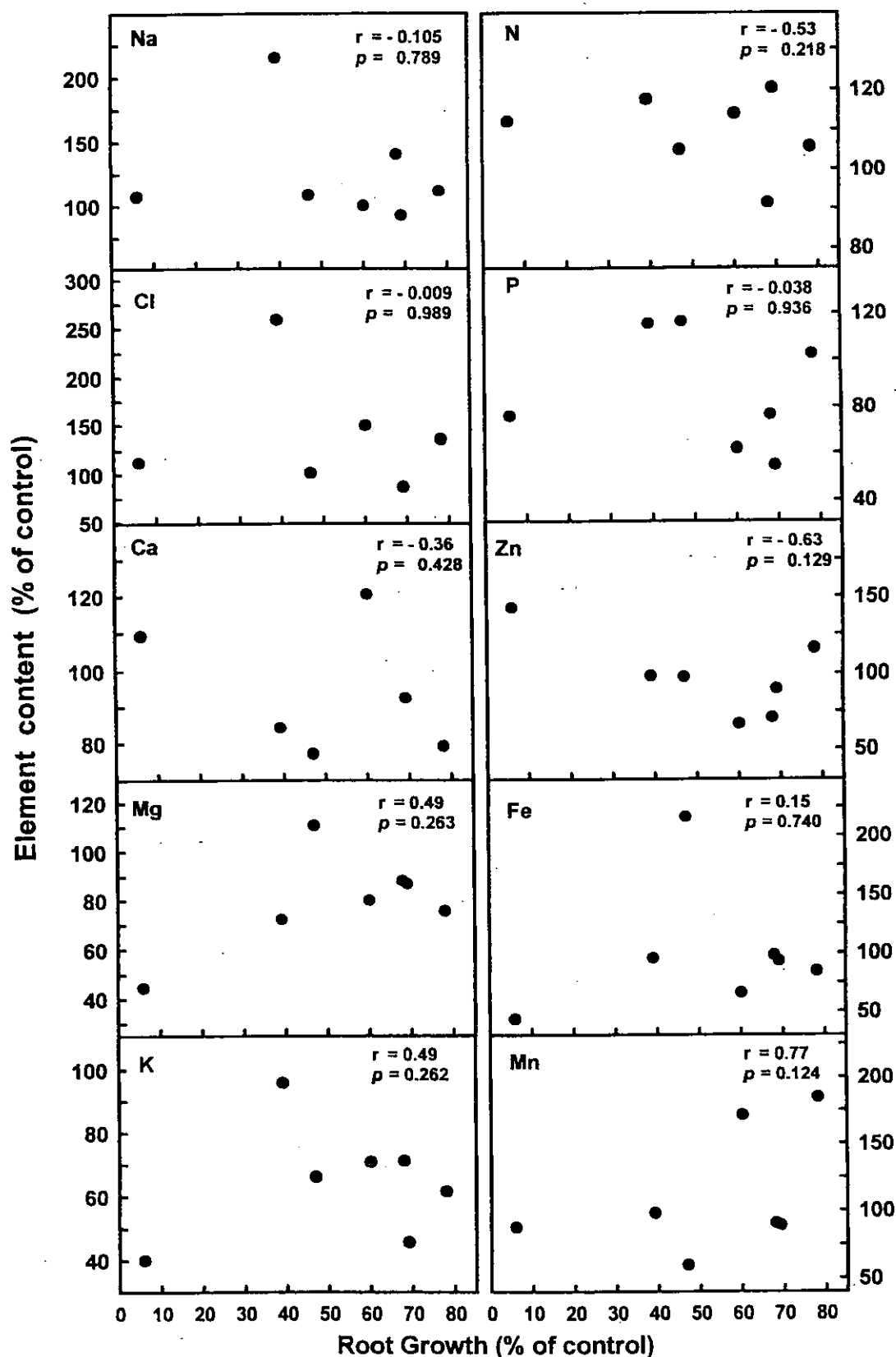


**איור 6:** השפעת עקת מלח על תכולת מגנזיום וסידן בשורשים צעירים ב-7 כנות אבוקדו. ( $n=4$ ).



**איור 9:** השפעת עקת מלח על תכולת אבץ, ברזל ומנגן בשורשים צעירים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).

**איור 8:** השפעת עקת מלח על תכולת חנקן, זרחן ואשלגן בשורשים צעירים ב-7 כנות אבוקדו. (n=4).



**איור 10:** בחינת קורלציות בין מידת עיכוב צימוח שורשים בחשיפה למליחות, והשתנות ריכוזי יסודות הזנה ברקמות שורש צעירות.



ד. האם מידת עיכוב צימוח השורש בין כנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בשורש?

#### נתרן וכלור

Cl : תכולת הכלור בשורשים עלתה בהשפעת מליחות בכנות VC 151 ו- VC 69. מידת העליה בתכולת הכלור לא נמצאת בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב צימוח השורש בכנות השונות (איור 10) עובדה הרומזת לכך כי השוני ברגישות הכנות השונות למליחות לא נובע משינויים במידת צבירת כלור.  $r = -0.009$ .

Na : פרט לכנה אחת (vc 131) תכולת נתרן בשורשים לא השתנתה באופן מבהק בהשפעת המליחות (איור 7). בהתאם, מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות השונות לא נמצא בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב צימוח השורש ( $r = -0.105$ ) (איור 10).

#### מיקרואלמנטים

בשלושת המיקרואלמנטים שנבחנו (מנגן, ברזל ואבץ) השינויים השינויים בתכולתם בשורשים לא נמצאו בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב צימוח השורש (איורים 9, 10).

#### N-P-K

תכולות חנקן ואשלגן בשורש השפיעו אך מעט ממליחות. לגבי זרחן, בדומה לתכולתו בעלים ניכרה וריאביליות בתגובת הכנות השונות לחשיפה למליחות (איור 8). שינויים בתכולות חנקן, אשלגן וזרחן בשורשי הכנות השונות לא נמצאו בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב צימוח השורש (איור 10).

#### סידן ומגניזיום

שינויים בתכולות סידן ומגניזיום בשורשי הכנות השונות לא נמצאו בקורלציה גבוהה עם מידת עיכוב צימוח השורש (איור 10).

#### ה. האם עיכוב צימוח שורש בנות השונות נמצא בקורלציה עם עיכוב צימוח נוף?

לא נמצא מתאם גבוהה בין עיכוב צימוח נוף ושורש בשבע הכנות הנבדקות. בולטת במיוחד הכנה 69 VC אשר בה צימוח הנוף היה רגיש למליחות יותר מאשר בכל הכנות הנבדקות אך צימוח השורש הראה עמידות למליחות (איור 11).

### סיכום

#### צימוח נוף ושורש

התוצאות מראות כי: 1. עיכוב גידול שורש חריף בתנאי מליחות אופייני לכנות אבוקדו. 2. עיכוב צימוח השורש החריף אופייני לצמחים הגדלים בקרקע. 3. עיכוב צימוח השורש החריף מתרחש גם בצמחים החשופים לעקה תקופות ממושכות (3 שנים). 4. פרט לכנה אחת, סדר דירוג הכנות על פי עמידותן למליחות לא השתנה כאשר הקריטריונים לדירוג התבססו על פרמטרים הקשורים לצימוח נוף או שורש. תוצאות אלו הן מפתיעות, במיוחד לאור הידע הקיים כיום בספרות למיגון רב של צמחים, המדגים רגישות רבה יותר של צימוח נוף הצמח לעקה בהשוואה לצימוח שורש. ייחודיותו של שורש האבוקדו, כפי שמתוארת במבוא לדו"ח זה, יתכן וגורמת לרגישותו הרבה לתנאי סביבה ולמליחות. אנו מציעים כי חשוב לבחון את משמעות עיכוב צימוח השורש החריג לגבי תפקוד מערכת השורשים הקיימת, ולגבי הצמח כולו. במידה ויתברר כי לעיכוב צימוח השורש החריף השפעה ישירה על מנגנוני הנזק הפעילים בחשיפה למלח,

הרי בוודאי יש לשנות כיווני חשיבה קיימים בהקשר לממשק השקיה ובחינת כנות אבוקדו לעמידות המדגשים כיום בעיקר פרמטרים הקשורים בנצר.

כנות ידועות כבעלות חשיבות בעמידות עצי פרי לעקת מלח (Maas, 1990). מחקרים קודמים עם עצי אבוקדו מרכבים הדגימו את השפעת הכנה לעמידות למליחות של העץ המרכב (Ben-Ya'acov, 1970; Cooper, 1955; Wallace et al., 1970; Kadman, 1962; Haas, 1951; Embelton et al., 1962). צבירת ביומסה בנוף (ברוכב) פוחתת עם העליה במליחות (Oster and Arpaia, 1992) והבדלים בין כנות משפיעים על מידת עיכוב הצימוח במליחות. עמידות למליחות היא מונח יחסי, התלוי בקריטריון שניבחר לייצגו. הכנות שנבחנו בפרוייקט הנוכחי נבחרו להצטיינות בתנאי מליחות בינונית (250 מ"ג כלור) על פי קריטריונים של הנבה ומיעוט צריבות עלים בעץ המורכב (Ben-Ya'acov et al., 1992). מחקרים קודמים דיווחו כי תוצאות מאמצי סלקציה המבוססים על קריטריונים אלו הן כנות אשר צוברות פחות נתרן וכלור. בתוצאות המתוארות כאן אנו מציגים טווח רחב של רגישויות למליחות בכנות הנבחנו הבאות לידי ביטוי מעיכוב ועד זירוז צימוח נוף, ובעוצמות שונות של עיכוב שורש במליחות האופיינית לשדות אבוקדו המושקים בקולחים בישראל. טווח תגובות כה רחב לעקה יכול לשמש לבחינת מנגנוני עמידות ורגישות צימוח אבוקדו לעקה. בנוסף, הוא רומז כי מנגנוני העמידות המושרים על ידי הכנות הספציפיות בעץ המורכב עשויות להיות קשורות במידת רגישות צימוח הכנה עצמה למליחות (דהיינו, ברגישות צימוח השורש לעקה).

#### קשר בין מצב ההזנה של הרקמה, ורגישותה למליחות

השוני ברגישות השורש לעקת מלח בכנות השונות איננו נמצא בקורלציה עם מידת השפעת המליחות על צבירת יסודות הזנה ברקמה. לגבי הנוף, נמצא מתאם חיובי בין צבירת נתרן ברקמה הצומחת ומידת עיכוב צימוח נוף, ומתאם שלילי בין ריכוז מגנזיום ועצמת עיכוב הצימוח.

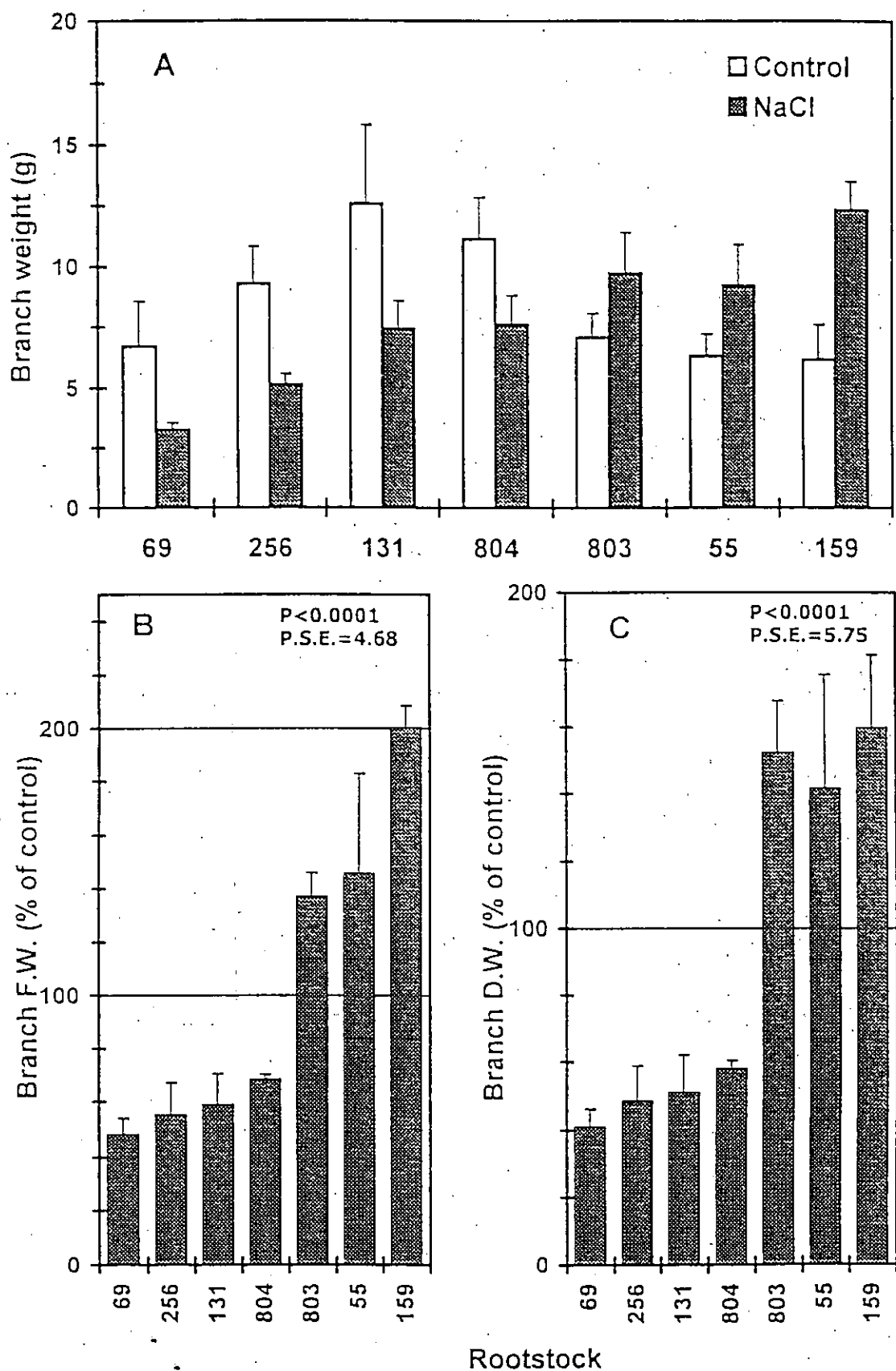
#### פרסומים מדעיים שנבעו מביצוע המחקר

1. Bernstein, N., Ioffe, M., Zilberstaine, M. (2001) Salt-stress effects on avocado rootstock growth. I. Establishing criteria for determination of shoot growth sensitivity to the stress. Plant and Soil. 233:1-11.
2. Root Growth of Avocado [Persea Americana Mill] is More Sensitive to Salinity than shoot Growth. Submitted: Amer. J. Hort. Sci.
3. "השפעת מליחות על צימוח שורש ונוף באבוקדו" - נשלח מאמר בעברית לרפרנטורה לעלון הנוטע.
4. סמינר במכון לקרקע ומים במכון וולקני על הנושא: השפעת מליחות על צימוח נוף ושורש באבוקדו.

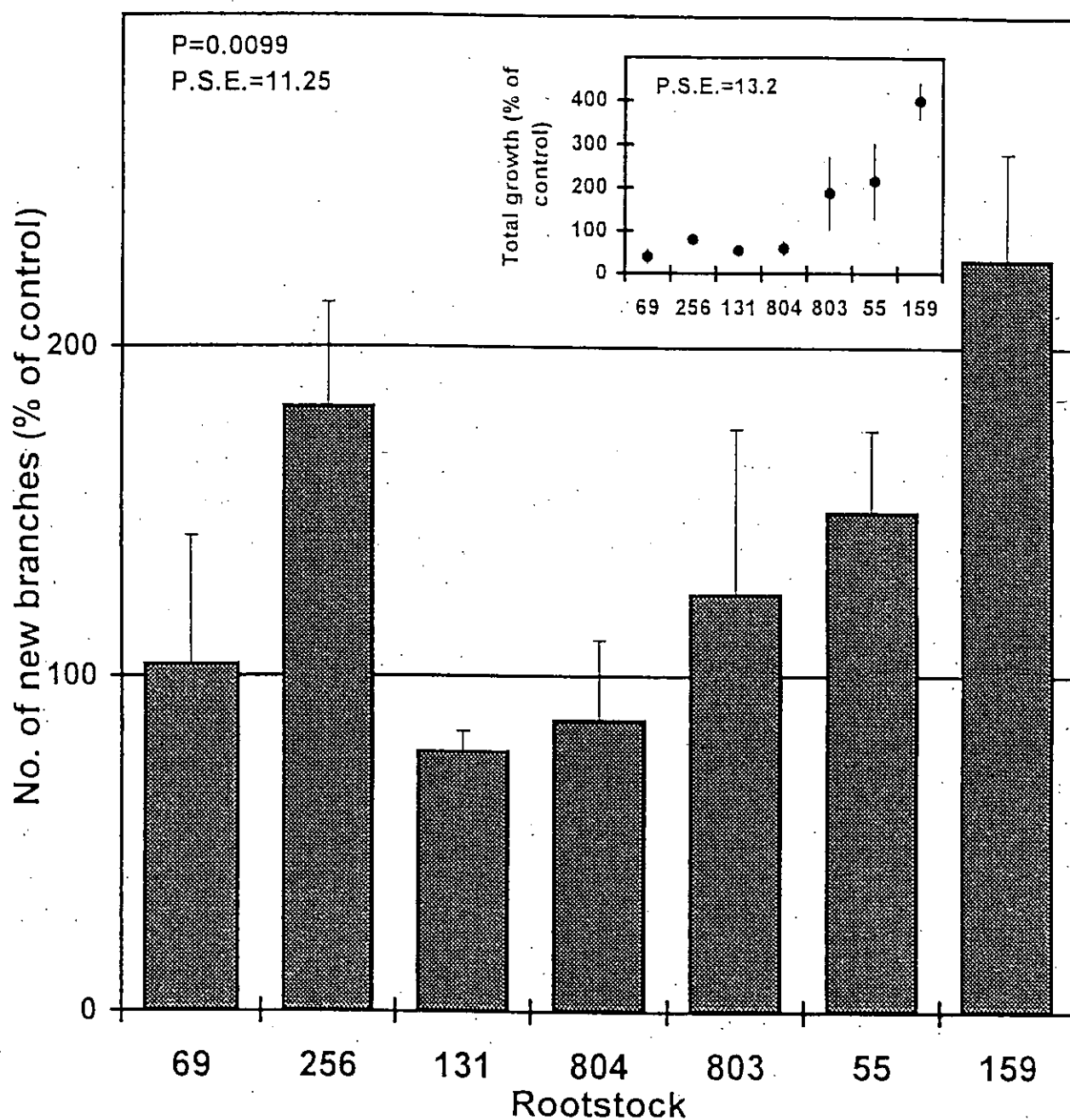
## סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרות המחקר לתקופת הד"ח. 1. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החרף שנצפה בכנה דגניה 117 הוא תופעה אופיינית לכנות אבוקדו. 2. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החרף אופייני גם לגידול בקרקע. 3. לבחון האם עיכוב צימוח השורש החרף מאפיין גם צמחים החשופים למלח תקופה ממושכת (מספר שנים). 4. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש נמצאת בקורלציה עם עיכוב צימוח נוף. 5. לבחון האם מידת עיכוב צימוח השורש בכנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בשורש. 6. לבחון האם מידת עיכוב צימוח הנוף בכנות שונות נמצא בקורלציה עם השתנות תכולות יסודות הזנה בנוף.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהוגשו בתקופה אליה מתייחס הד"ח. השפעת מליחות על צימוח נוף ושורש נבחנה ב-7 כנות אבוקדו מערב-הודיות שגודלו במכלים בקרקע ונחשפו למליחות למשך 3 שנים. התוצאות מראות כי: 1. עיכוב גידול שורש חרף בתנאי מליחות אופייני לכנות אבוקדו. 2. עיכוב צימוח השורש החרף אופייני לצמחים הגדלים בקרקע. 3. עיכוב צימוח השורש החרף מתרחש גם בצמחים החשופים לעקה תקופות ממושכות (3 שנים). 4. פרט לכנה אחת, סדר דירוג הכנות על פי עמידותן למליחות לא השתנה כאשר הקריטריונים לדירוג התבססו על פרמטרים הקשורים לצימוח נוף או שורש. 5. נבחנה קורלציה בין רגישות צימוח שורש למליחות והשפעת העקה על עיכוב צימוח הנוף. פרט לעליה בנתרן ומגניון, לא נמצאו מתאמים גבוהים. 6. נבחנה קורלציה בין רגישות צימוח שורש למליחות ורגישות צימוח הנוף. לא נמצא מתאם גבוה. 7. נבחנה קורלציה בין רגישות צימוח נוף למליחות והשפעת העקה על עיכוב צימוח הנוף. לגבי שום יסוד הזנה לא נמצאו מתאמים גבוהים.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. השונות בין כנות במידת רגישות צימוח הנוף והשורש למליחות אינה נמצאת בתלות ישירה עם השפעת העקה על ריכוזי חומרי הזנה - מיקרו ומקרואלמנטים) ברקמה הצומחת. אנו מציעים כי חשוב לבחון את משמעות עיכוב צימוח השורש החרף לגבי תפקוד מערכת השורשים הקיימת, ולגבי הצמח כולו. במידה ויתברר כי לעיכוב צימוח השורש החרף השפעה ישירה על מנגנוני הנזק הפעילים בחשיפה למלח, הרי יש לשנות כיווני חשיבה קיימים בהקשר לממשק השקיה ובחינת כנות אבוקדו לעמידות המדגישים כיום בעיקר פרמטרים הקשורים בנצר.
5. הפצת הידע:
1. Bernstein, N., Ioffe, M., Zilberstaine, M. (2001) Salt-stress effects on avocado rootstock growth. I. Establishing criteria for determination of shoot growth sensitivity to the stress. Plant and Soil. 233:1-11.
2. Root Growth of Avocado [Persea Americana Mill] is More Sensitive to Salinity than shoot Growth. Submitted: Amer. J. Hort. Sci.
3. "השפעת מליחות על צימוח שורש ונוף באבוקדו" - נשלח מאמר בעברית לפרנטורה לעלון הנוטע.
4. סמינר במכון לקרקע ומים במכון וולקני על הנושא: השפעת מליחות על צימוח נוף ושורש באבוקדו.

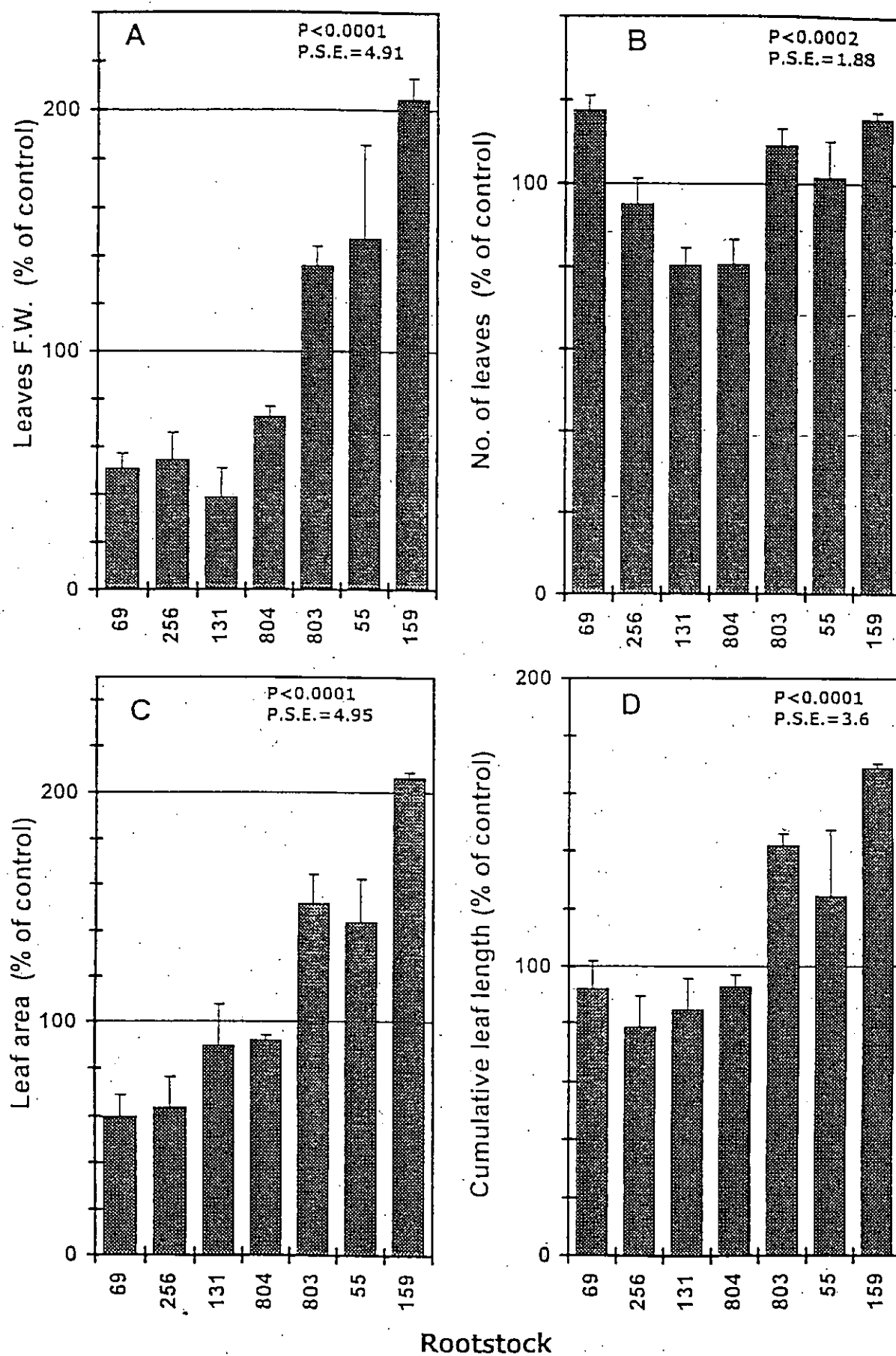
## נספח



**Fig 1:** Effect of salinity on branch growth (new spring flush) of 7 avocado rootstocks selected to excel under elevated NaCl condition: a) Branch fresh weight, b) Branch F.W. (% of control), c) Branch D.W. (% of control). The data are results of a destructive harvest of branches 70 days after branch emergence, and represent biomass deposition into a branch during 70 days of growth. Data are means  $\pm$  SD ( $n=4$  plants). Results from all branches (10-30) that emerged on a specific plant during the month of May were averaged to give the plant result. P-values of the F-statistic and pooled standard errors (P.S.E.) are also presented.



**Fig 2:** Effect of salinity on the number of new branches (main figure), and the cumulative biomass production of the new branches (inset). Growth of branches that emerged during the month of May was monitored during the following 70 days. Total growth represents cumulative biomass deposition into the branches that emerged over 70 days, during 70 days of branch growth. Data are means  $\pm$  SD ( $n=4$  plants). Where not shown, SD is smaller than the symbol size. P-values of the F-statistic and pooled standard errors (P.S.E.) are also presented.



**Fig 3:** Effect of salinity on leaf growth, a) Total Leaf FW per branch, b) Number of leaves per branch, c) Total leaf area per branch, and d) cumulative leaf length per branch. The data is evaluated from biomass production during 70 days of branch growth. Data are means  $\pm$  SD ( $n=4$  plants). P-values of the F-statistic and pooled standard errors (P.S.E.) are also presented.

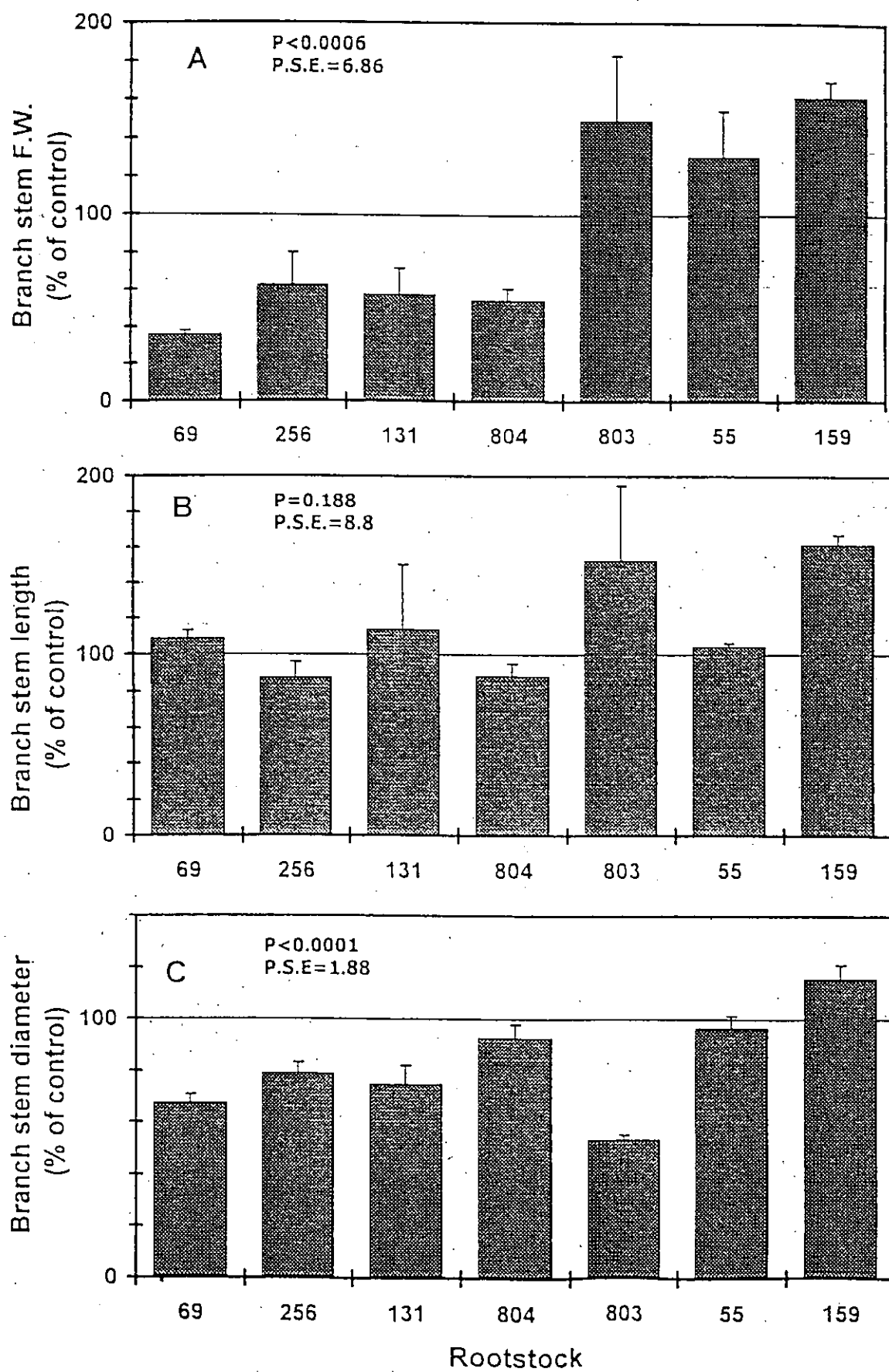


Fig 4: Effect of salinity on the branch stem growth. a) branch stem biomass, b) branch stem length and c) branch stem diameter. The data is evaluated from biomass production during 70 days of branch growth. Data are means  $\pm$  SD ( $n=4$  plants). P-values of the F-statistic and pooled standard errors (P.S.E.) are also presented.



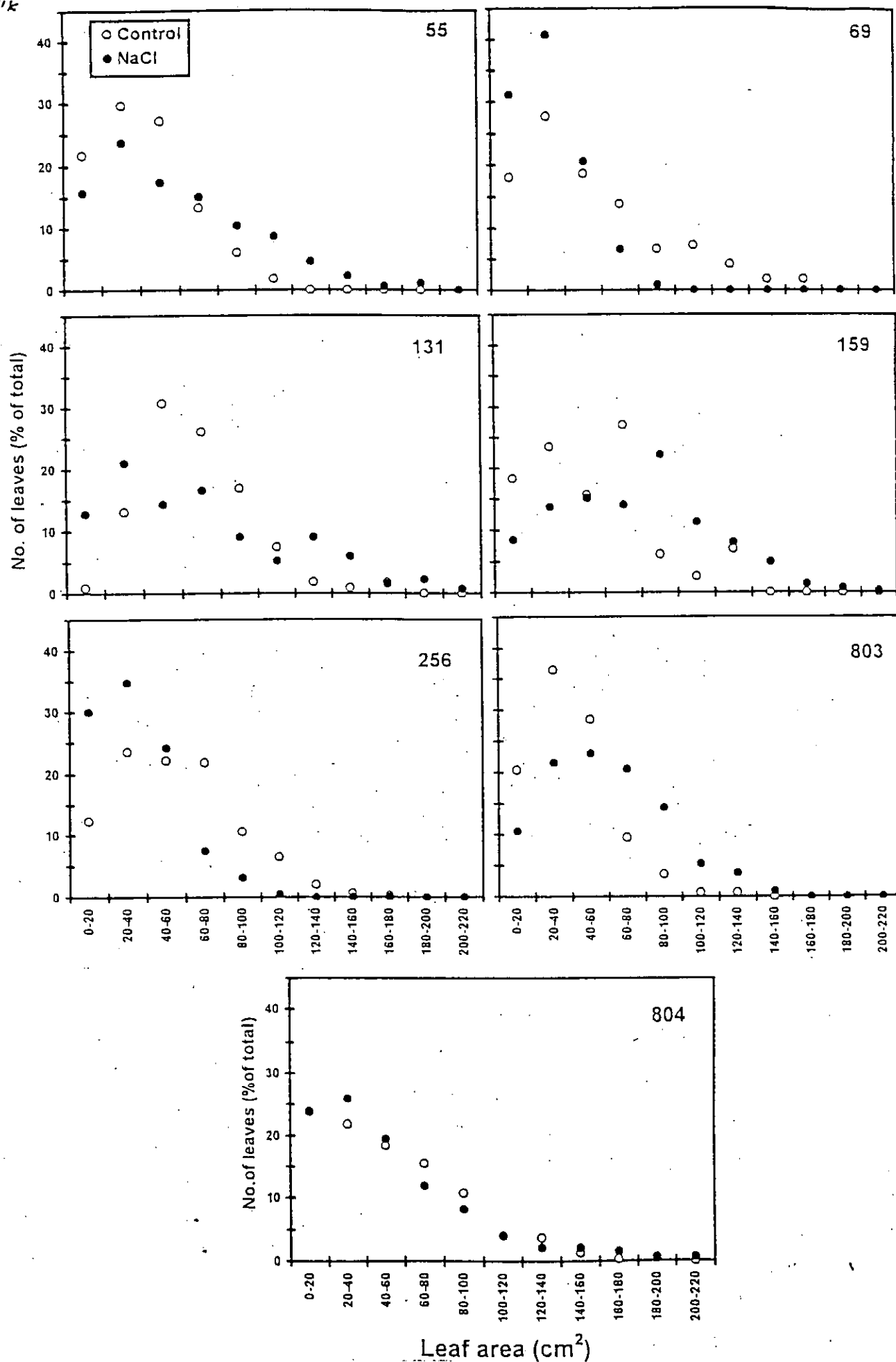
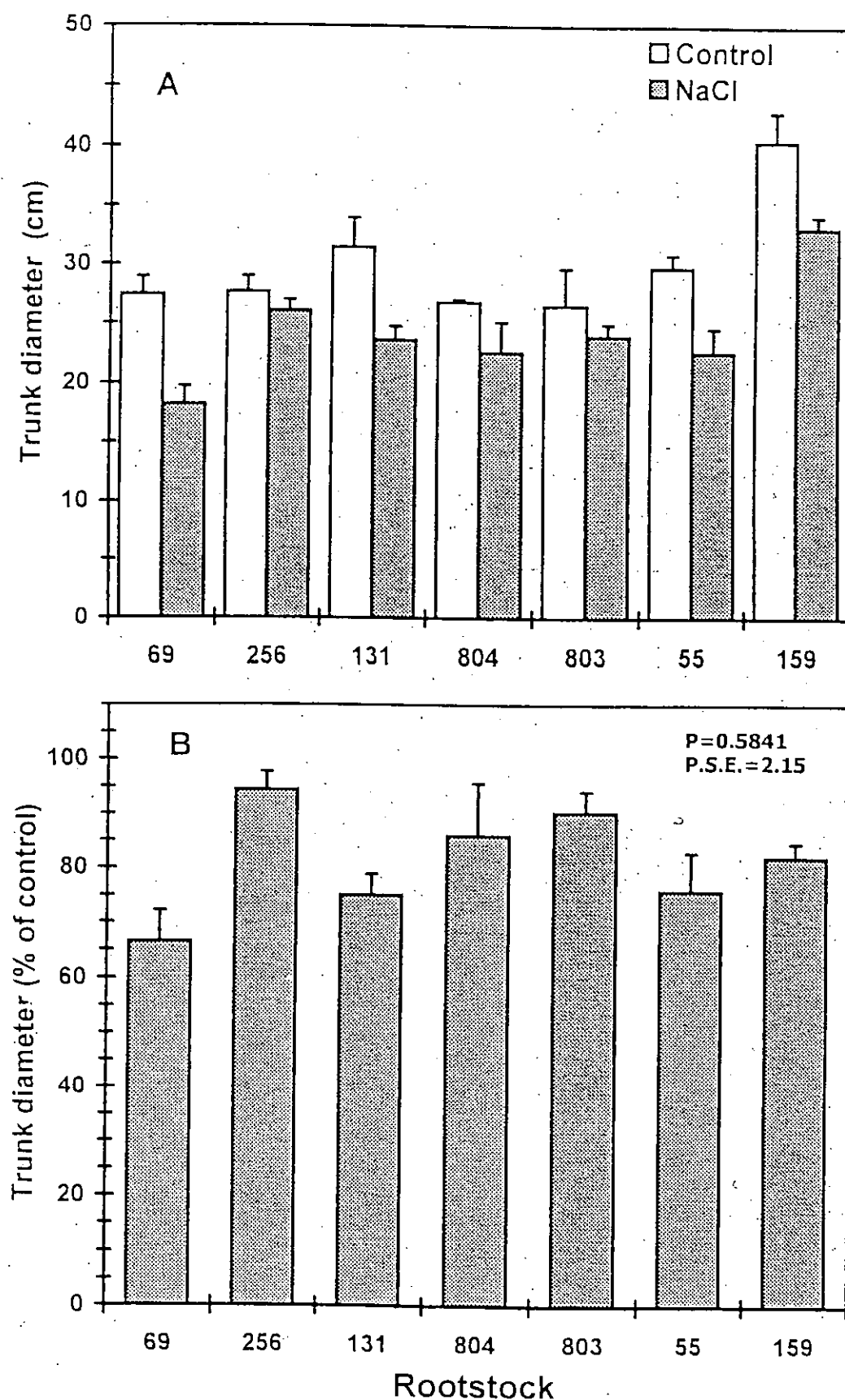


Fig 5: Effect of salinity on leaf size. The figure presents the distribution of leaves, from branches that emerged during the month of May, into size classes according to their area. Results of destructive measurements, following 70 days of branch growth.



**Fig 6:** Effect of salinity on trunk diameter. a) Absolute tree diameter values (cm), b) Extent of inhibition by salt-stress (% of control). Data are means  $\pm$  SD ( $n=4$ ), for 48 months old trees, 36 months after the initiation of the salt-treatment. Diameter was measured 10 cm above ground level. P-values of the F-statistic and pooled standard errors (P.S.E.) are also presented.

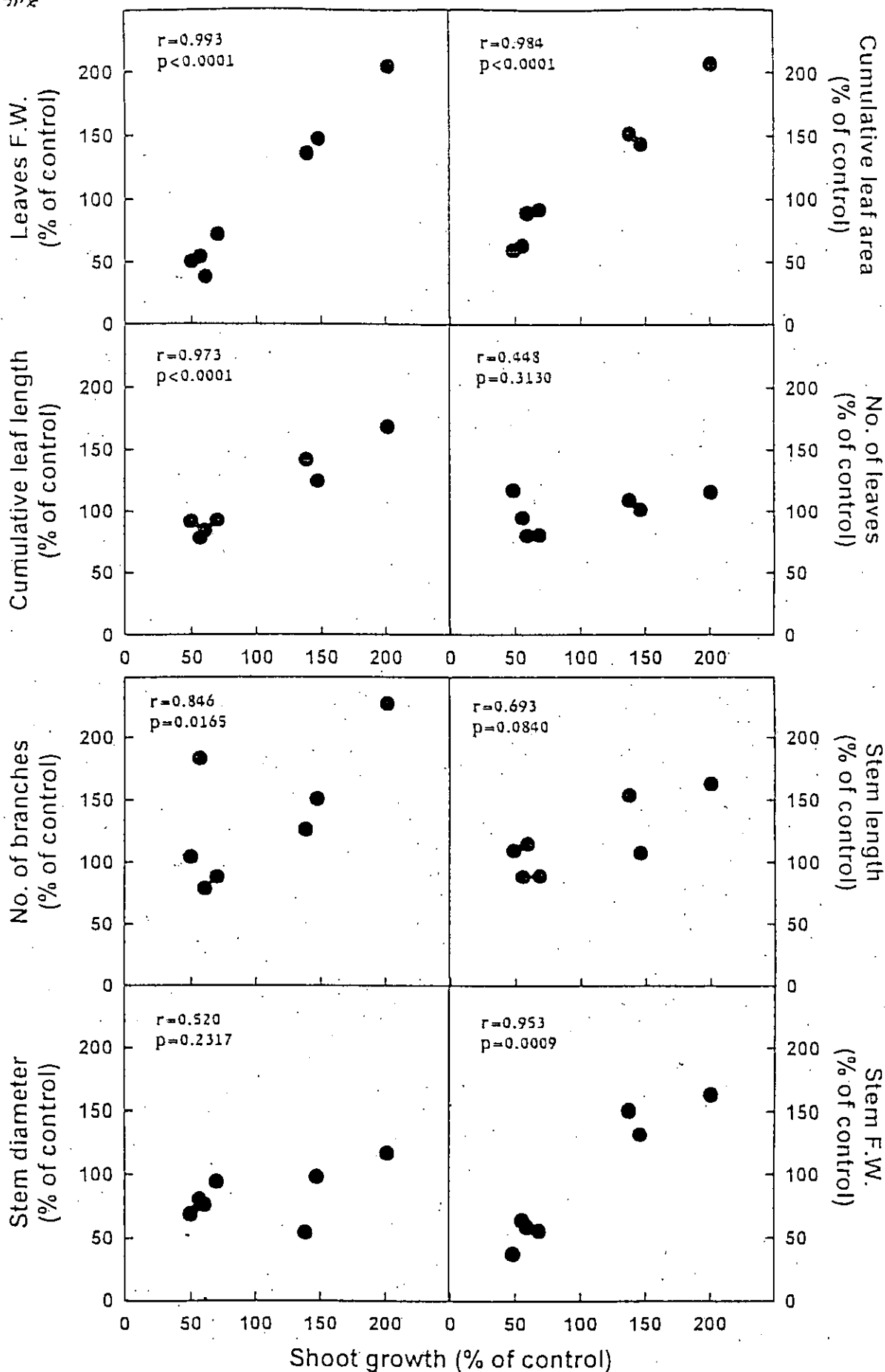
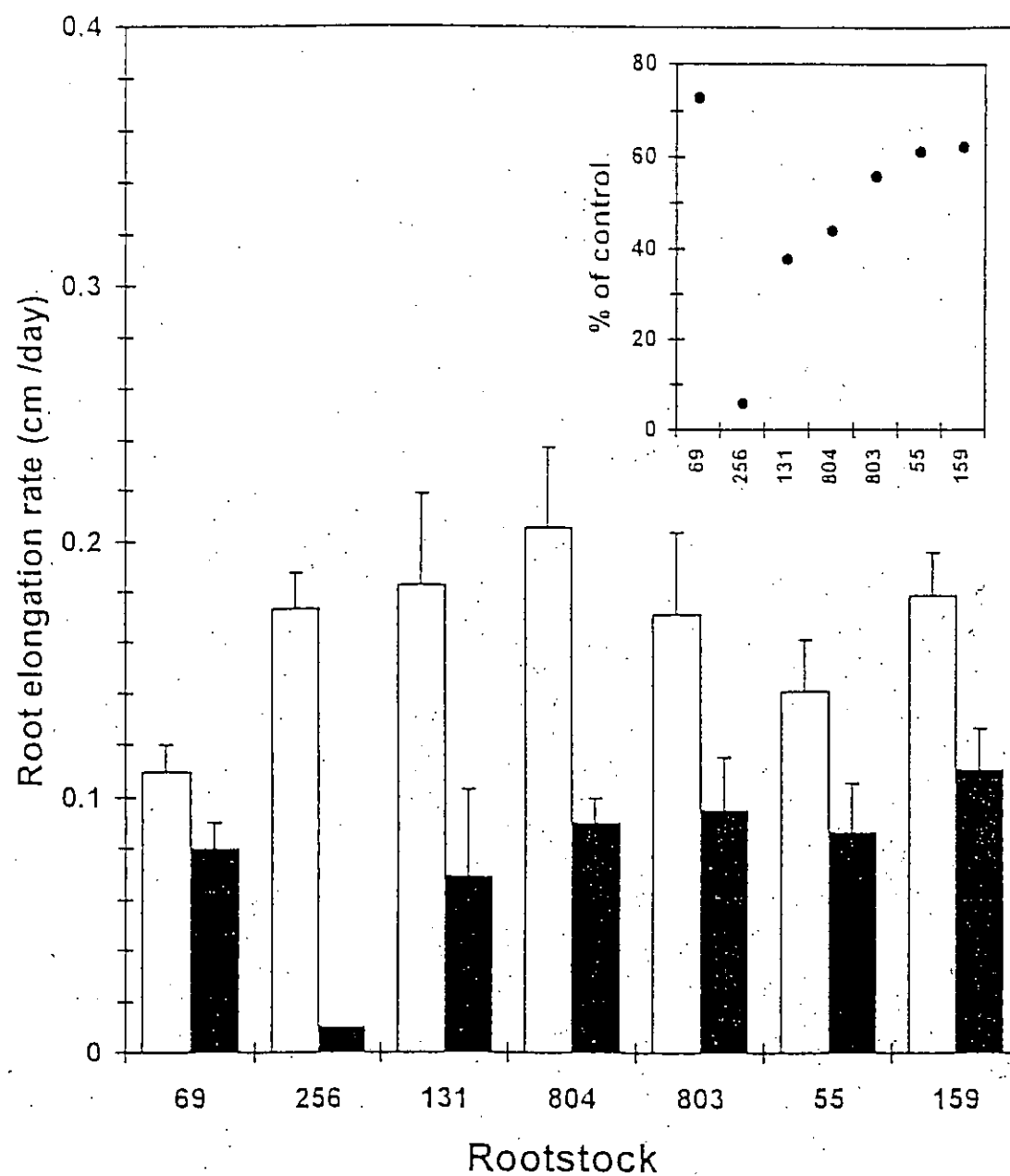


Fig 7. Correlation between inhibition of several shoot growth parameters by salinity, and extent of shoot growth reduction. Shoot growth reduction was calculated as inhibition of total branch biomass production (from data presented in Fig 1). Correlation coefficients (r) and p-values are shown in the figure.



**Fig 8:** Effect of salinity on root growth. Data are means  $\pm$  SD ( $n=6$  plants). Results from 10-20 root tips were averaged to give the plant result.