



1999-2001

תקופת המחקר:

302-0253-01

קוד מחקר:

Subject: LONG TERM INFLUENCE ON PLATS CLAY
SOIL FOLLOWING IRRIGATION WITH TREATED
SEWAGE WATER USING SUB-SURFACE DRIP
IRRIGATION

Principal investigator: GUY LEVY

Cooperative investigator:

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O.)

שם המחקר: השפעות ארוכות טווח על קרקע
חרסיתית כתוצאה מהשקיה במי קולחים
בטפטוף תת קרקעי

חוקר ראשי: גיא לוי

חוקרים שותפים:

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

המחסור במים שפירים בישראל מחייב ניצול קולחים להשקיה בכל אזורי הארץ. מטרת המחקר היא: (1) לעקוב אחר השפעת איכות מי ההשקיה (מים שפירים לעומת קולחים) ושיטת ההשקיה (טפטוף עילי מול טפטוף טמון) על הרכב וריכוז המלחים בתמיסת הקרקע, יציבות תלכידים ויכולת (2) השפעת איכות מי ההשקיה על המוליכות ההידראולית ברוויה של הקרקע כפי שנמדדה בשדה. הניסוי בוצע בקרקע חרסיתית בשתי חלקות ראשיות כשאחת הושקתה במים שפירים והשניה במי קולחים. במהלך כל עונת גידול בוצע ניטור של איכות מי הקולחים, ובסופה נלקחו דוגמאות קרקע לצורך בדיקת מיצוי עיסה רוויה ויציבות תלכידים. כמו כן נקבעו היבול והמוליכות ההידראולית של הקרקע בשיטת הטפטפת באזור שהושקה בטפטוף העילי. לאיכות מי ההשקיה ולשיטת ההשקיה לא הייתה השפעה על מליחות השדה. במרבית המקרים לאיכות מי ההשקיה לא הייתה השפעה על היבול ללא תלות בשיטת ההשקיה. השקיה בקולחים גרמה לעליה ב- pH של תמיסת הקרקע בהשוואה להשקיה במים שפירים. שימוש בטפטוף טמון היה עדיף על פני שימוש בטפטוף עילי בהשקיה בקולחים בשמירה על רמת ניתרון נמוכה יותר בפני הקרקע. הדבר גם התבטא ביציבות תלכידים גבוהה יותר בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף טמון בהשוואה לטפטוף עילי כאשר השקו בקולחים. המוליכות ההידראולית שהתקבלה ממדידות בשדה הייתה גבוהה בהרבה מהצפוי עבור קרקע חרסיתית. בהשקיה בקולחים התפתחה בקרקע תופעה של הידרופוביות שיוחסה לנוכחות חומר אורגני בקולחים. לא נצפתה פגיעה בספיקת הטפטפות בטפטוף הטמון בשתי איכויות המים מכאן שנשמרה אחידות פיזור מים בשיטת השקיה זו.

השפעות ארוכות טווח על קרקע חרסיתית והצמח כתוצאה מהשקיה במי קולחים

בטפטוף תת קרקעי

Long term effects of irrigation with waste water using subsurface drip irrigation
on clay soil and crop

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלות ענף הקרקע וענף הכותנה

ע"י:

ג. לוי, א. ממדוב, ד. גולדשטיין, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
א. שני, ע. רותם, מחלקה לקרקע ומים, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה
א. איזנקוט, שירות שדה, עמק יזרעאל

G. Levy, A. Mamedov, and D. Goldstein, Institute of Soil Water and Environmental
Sciences, ARO, The Volcani Center, P.O. Box 6 Bet Dagan 50250. E-mail:
vwguy@volcani.agri.gov.il

U. Shani, E. Rotem. Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Food and
Environmental Quality Sciences, The Hebrew Univ. of Jerusalem, P.O. Box 12, Rehovot
76100. E-mail: shuri@agri.huji.ac.il.

E. Eizenkot, Field Service-Yizreel Valley, Newe Ya'ar Research Station Center, P.O. Box
1021 Ramat Yishay 30095. E-mail: aeizen@shaham.moag.gov.il

מרץ 2002

ניסן תשס"ב

2. האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח כן/לא מחק את המיותר
הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר:



3. תקציר

המחסור במים שפירים בישראל מחייב ניצול קולחים להשקיה בכל אזורי הארץ. מטרת המחקר היו: (1) לעקוב אחר השפעת איכות מי ההשקיה (מים שפירים לעומת קולחים) ושיטת ההשקיה (טפטוף עילי מול טפטוף טמון) על הרכב וריכוז המלחים בתמיסת הקרקע, יציבות תלכידים ויבול ו- (2) השפעת איכות מי ההשקיה על המוליכות ההידראולית ברוויה של הקרקע כפי שנמדדה בשדה. הניסוי בוצע בקרקע חרסיתית בשתי חלקות ראשיות כשאחת הושקתה במים שפירים והשניה במי קולחים. במהלך כל עונת גידול בוצע ניטור של איכות מי הקולחים, ובסופה נלקחו דוגמאות קרקע לצורך בדיקת מיצוי עיסה רוויה ויציבות תלכידים. כמו כן נקבעו היבול והמוליכות ההידראולית של הקרקע בשיטת הטפטפת באזור שהושקה בטפטוף העילי. לאיכות מי ההשקיה ולשיטת ההשקיה לא הייתה השפעה על מליחות השדה. במרבית המקרים לאיכות מי ההשקיה לא הייתה השפעה על היבול ללא תלות בשיטת ההשקיה. השקיה בקולחים גרמה לעליה ב- pH של תמיסת הקרקע בהשוואה להשקיה במים שפירים. שימוש בטפטוף טמון היה עדיף על פני שימוש בטפטוף עילי בהשקיה בקולחים בשמירה על רמת ניתרון נמוכה יותר בפני הקרקע. הדבר גם התבטא ביציבות תלכידים גבוהה יותר בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף טמון בהשוואה לטפטוף עילי כאשר השקו בקולחים. המוליכות ההידראולית שהתקבלה ממדידות בשדה הייתה גבוהה בהרבה מהצפוי עבור קרקע חרסיתית. בהשקיה בקולחים התפתחה בקרקע תופעה של הידרופוביות שיוחסה לנוכחות חומר אורגני בקולחים. לא נצפתה פגיעה בספיקת הטפטפות בטפטוף הטמון בשתי איכויות המים מכאן שנשמרה אחידות פיזור מים בשיטת השקיה זו.

4. רשימת פרסומים

Shani, U., Rotem, E., and Levy, G.J. 2000. Soil hydraulic properties: effects of 4.1 time dependent variables (solicited paper).

הרצאה מוזמנת בכנס של האגודה האירופית לגיאופיזיקה שהתקיים בחודש אפריל 2000 בניצה, צרפת.

4.2 תקצירי הדו"חות השנתיים מופצים מידי שנה למגדלי הכותנה על ידי הנהלת ענף הכותנה.

4.3 הרצאות בימי עיון לעובדי שה"מ ולחקלאים, שאורגנו על ידי שירות שדה.

5. מבוא

המחסור במים שפירים בישראל מחייב ניצול קולחים להשקיה בכל אזורי הארץ. יתרונות השקיה בקולחים הינם: (א) מניעת זיהום הסביבה ומקורות המים בעלות טהור נמוכה יחסית, (ב) המרת מים שפירים, הנמצאים במחסור, בקולחים, (ג) חסכון בדשנים בהתאם לכמות המצויה בקולחים. מאידך, שימוש בקולחים מלווה בסיכונים כמו המלחת הקרקע והאקויפר, גרימת נזק לתכונות הקרקע ע"י הנתרן והחומר האורגני המומס והמרחף, ואפשרות זיהום הגידול, הקרקע

ומקורות המים במקרו- מזהמים (ניטרט ופוספט), ומיקרו - מזהמים (מתכות כבדות, פסטיצידים) ופאתוגנים.

שימוש בטפטוף טמון להשקיה במי קולחים אטרקטיבי כיוון ששיטה זו מצמצמת בהרבה מקור זיהום אפשרי לעובדים ולפרי. קיים ידע מצומצם על השימוש במי קולחים בטפטוף טמון ועל ההשפעה הרב שנתית של מימשק זה על תכונות הקרקע. מחקרים קודמים בהשקיית כותנה במי קולחים (כולל בקרקעות עמק יזרעאל) התמקדו בניצול יעיל של הזנה המצויים במי הקולחים ובפיתוח ממשק דישון מתאים. אולם לא ניתנה במחקרים אלו תשומת לב מספקת להשפעת איכות מי הקולחים על תכונות הקרקע. הדבר חשוב במיוחד בעמק יזרעאל כיוון שחלק ניכר מקרקעות עמק יזרעאל מושקה במים מלחים ונתרניים, וכתוצאה מכך סובל מבעיות המלחה וניקוז, אוורור לקוי ויכולת חידור נמוכה.

מטרות המחקר היו: (1) לעקוב אחר השפעת איכות מי ההשקיה (מים שפירים לעומת קולחים) ושיטת ההשקיה (טפטוף עילי מול טפטוף טמון) על הרכב וריכוז המלחים בתמיסת הקרקע ועל היבול, (2) לבחון את השפעת איכות מי ההשקיה על יציבות תלכידים ו- (3) וללמוד את השפעת איכות מי ההשקיה על המוליכות ההידראולית ברוויה של הקרקע כפי שנמדדה בשדה, ו- (4) השפעת איכות מי ההשקיה על ספיקת הטפטפות בטפטוף טמון.

6. שיטות וחומרים

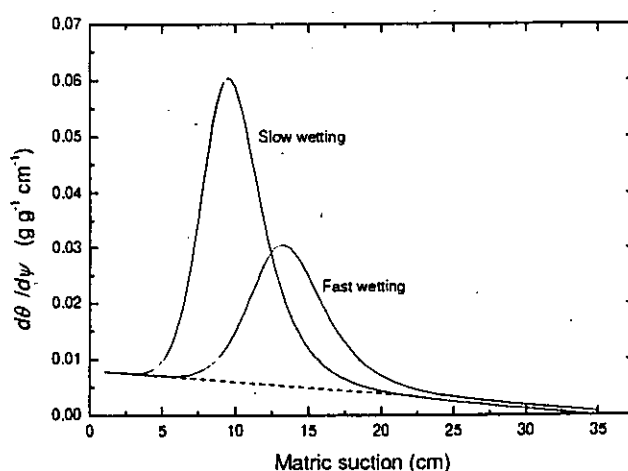
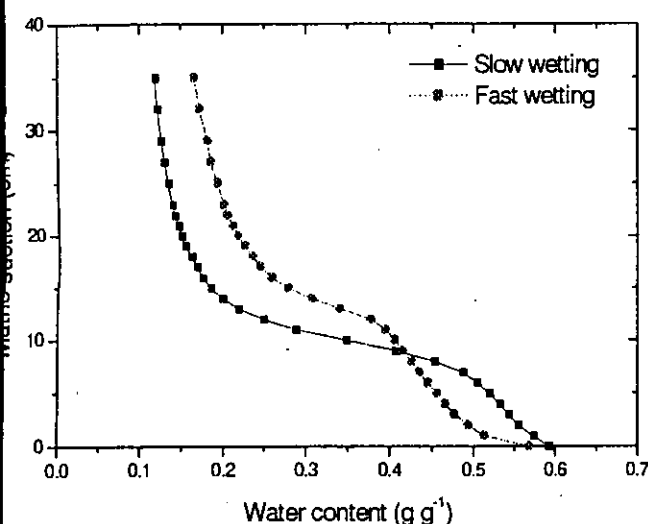
הניסוי בוצע בשטח של קיבוץ גבת בשתי חלקות ראשיות סמוכות, כשאחת הושקתה במים שפירים והשניה במי קולחים. בכל חלקה ראשית הוקמו 5 חלקות בנות 6 שורות כל אחת אשר הושקו בטפטוף טמון (שלוחת טפטוף לכל שורת גידול, מרחק בין טפטפות 0.6 מ'), ו- 5 חלקות שהושקו בטפטוף עילי כמקובל (שלוחת טפטוף לשתי שורות גידול, מרחק בין טפטפות 1.0 מ'). החלקות מוקמו לסירוגין, טפטוף טמון ואחריו טפטוף עילי וחוזר חלילה. סה"כ כלל הניסוי 20 חלקות כשכל חלקה הייתה בגודל של 1.5 ~ ד'. הקרקע בשדה הניסוי הינה חרסיתית (65% חרסית, 19% סילט 16% חול), בעלת קיבול קטיונים חליפיים של 60.3 מא"ק/ק 100 גר' קרקע, אחוז נתרן חליף 1.2, ותכולת גיר וחומר אורגני בשיעור של 10.3% ו- 2.9% בהתאמה.

מחזור זרעים במהלך שלוש שנות הניסוי כלל גידול חימצה (1999) ושתי שנות גידול תירס לתחמיץ (2000 ו- 2001). כמות ההשקיה שניתנה כל שנה וכן כמות המשקעים השנתית מוצגים בטבלה 1. החלקות דושנו כמקובל באזור. במהלך עונת הגידול בוצע ניטור של איכות מי הקולחים. בסוף עונת הגידול נלקחו דוגמאות קרקע בכל חלקה עד לעומק של 120 ס"מ לצורך בדיקת מיצוי עיסה רוויה ויציבות תלכידים. עבור החימצה יבול מכל חלקה נקבע בעזרת קומביין הניסויים משטח של 40-50 מ"ר (5 חזרות לטיפול). עבור התירס לתחמיץ יבול מכל חלקה נקבע בעזרת קטיף ידני משטח של 4 מ"ר (5 חזרות לטיפול).

יציבות תלכידים נלמדה במעבדה תוך שימוש בשיטת ה- HEMC (High Energy Moisture Content) בה קצב הרטבת התלכידים נקבע באופן מדויק, ופריצת האוויר הכלוא מהתלכידים הוא

הכח הגורם לשבירתם. פירוט מלא של שיטה זו מוצג אצל (Levy and Miller, 1997). בקצרה, 15 גר' של תלכידים ביובש אווירי בגודל 0.5-1.0 מ"מ מונחים במשפך בקוטר 5 ס"מ שבקרקעיתו מונחת דיסקית העשויה מחומר נקבובי עם נקבובים בקוטר של 40-60 מיקרון. הדיסקית נמצאת במצב רווי לפני הנחת התלכידים במשפך. התלכידים במשפך מורטבים בקצב מהיר (100 מ"מ/ש') או איטי (2 מ"מ/ש') במים מזוקקים בעזרת משאבה פריסטלית עד אשר מים חופשיים מכסים את פני התלכידים. בתום הרווית התלכידים מפעילים על התלכידים מתח יניקה בעזרת עמודת מים, כאשר מגדילים את המתח בצעדים של 2 ס"מ בכל פעם עד למתח של 40 ס"מ. בכל מתח יניקה נתון, עוקבים אחר נפח המים שהוסף לעמוד המים עקב התנקזות התלכידים. מהנתונים שנאספים מתקבלים עקומי תאחיזה שונים עבור תלכידים שהורטבו בקצבים שונים (איור 1A). התאחיזה מותאמת משוואה (Pierson and Mulla, 1989) המבוססת על המודל של van Genuchten, (1980).

איור 1: עקום תאחיזה (1A) ועקום נגזרת עקום התאחיזה (1B) עבור תלכידים שהורטבו מהר ולאט.



גזירת המשוואה הנ"ל מאפשרת את (1) חישוב נפח הנקבובים שמתנקזים, שהינו השטח מתחת לעקום ומעל לקו המקווקו (איור 1B), ו- (2) קביעת קוטר הנקבוב השכיח המיוצג על ידי מתח המים בו מתקבלת נקודת המקסימום בעקומים באיור 1B. היחס בין נפח הנקבובים שמתנקזים לבין מתח המים בנקודת המקסימום של עקום הנגזרת עבור קצב הרטבה נתון מוגדר כ"מדד מבנה". היחס בין "מדד המבנה" המתקבל בהרטבה מהירה לזה המתקבל בהרטבה איטית משמש כמדד ליציבות התלכידים (= Stability ratio).

קביעת המוליכות ההידראולית של הקרקע בשדה נערכה ב- 4 מועדים במהלך חדש מאי, באזור שהושקה בטפטוף עילי בשתי החלקות הראשיות, זו המושקית במים שפירים, וזו המושקית בקולחים. בכל חלקה ראשית נבחרו 5 שורות גידול, שבכל אחת מהן הוחלף קטע מצינור ההשקיה הקיים בצינור בו סדרה של 4 טפטפות בעלות ספיקה של 1, 2, 4, ו- 8 ל"ש. בזמן ההשקיה, לאחר 4-5 ש' מזמן תחילתה כשהאזור המורטב הגיע לגודל קבוע, נקבע שטח האיגום. ממדידות אלה ומספיקת הטפטפות חושבו המוליכות ההידראולית הרוויה (K_s , ס"מ/שעה), ותכונת קרקע הנמצאת ביחס הפוך לריבוע הסורפטיביות של הקרקע (α , 10^{-1} מ").

בכדי לאמוד אם חלו שינויים בספיקת הטפטפות בטפטוף הטמון חוברו במהלך עונת ההשקיה של שנת 2000 שעונים למדידת ספיקת מים לראש שלוחת טפטוף טמון ב- 4 שלוחות בכל איכות מי השקיה.

7. תוצאות ודיון

7.1. ניטור מי ההשקיה, הרכב תמיסת הקרקע ויבול

מנות ההשקיה וכמות המשקעים השנתית במהלך שלוש שנות הניסוי מוצגים בטבלה 1. ניתן

טבלה 1. מנות ההשקיה והמשקעים בכל אחת משנות הניסוי

שנה	1999	2000	2001
גידול	חימצה	תירס לתחמיץ	תירס לתחמיץ
משקעים (מ"מ)	410	508	438
השקיה (מ"מ)	160	240	240

לראות כי מנת ההשקיה בכל שנה הייתה קטנה בהשוואה למנת הגשם השנתית. מכאן שניתן להניח כי במידה ולמי קולחים יש השפעה על הפרמטרים שנבחנו היא תתקשה לבוא לידי ביטוי עקב מנות המים הקטנות שניתנו והשטיפה היעילה שהתרחשה במהלך החורף על ידי מי הגשם.

נתונים של איכות המים בהם השקו מוצגים בטבלה 2. עבור כל פרמטר שנבחן מוצג תחום הערכים שהתקבלו במהלך ניטור מי ההשקיה בשלוש שנות הניסוי. הנתונים מראים כי ישנה תנודתיות רבה באיכות מי ההשקיה ובייחוד בקולחים. תופעה זו אופיינית לקולחים ונצפתה כבר בעבר. מי הקולחים היו נתרניים יותר ובעלי ריכוז מלחים גבוה יותר מהמים השפירים. כמו כן העומס האורגני במי הקולחים היה יותר מפי 3 מזה שבמים השפירים.

טבלה 2. איכות מי ההשקיה במהלך שלוש שנות הניסוי

סוג מים	מוליכות חשמלית	פחמן אורגני	נתרן	סידן+מגנזיום	SAR	כלור
דצס/מ	מג/ל	מא"ק/ל	מא"ק/ל	מא"ק/ל		
שפירים	0.90-1.05	5-14	3.6-5.2	5.8-9.4	1.5-3.0	5.2-7.1
קולחים	1.75-2.20	35-110	8.7-11.0	8.6-11.5	3.5-5.5	7.4-11.7

תוצאות המוליכות החשמלית (מדד למליחות) של מיצוי העיסה הרוויה של דוגמאות הקרקע שנלקחו בסוף עונת הגידול מהטיפולים השונים עבור שלוש שנות הניסוי הקודמת מוצגות באיור 1. מהתוצאות לא ניתן להבחין במגמה כל שהיא הנובעת מאיכות מי ההשקיה או משיטת ההשקיה. מיצוע ערכי המוליכות החשמלית עבור כל טיפול (איור 2) מראה כי אין הבדל מובהק במליחות תמיסת הקרקע בין הטיפולים השונים. עם זאת, ניתן להבחין במגמה כי מליחות הקרקע בהשקיה בקולחים בטפטוף העילי הייתה גבוהה מזו שנצפתה בשאר הטיפולים. מליחות תמיסת הקרקע צפויה לעלות בעקבות השקיה בקולחים. העובדה כי מליחות הקרקע בהשקיה בקולחים בטפטוף טמון הייתה דומה לזו שהתקבלה בעת שימוש במים שפירים ונמוכה מזו שהתקבלה בהשקיה בטפטוף עילי עם קולחים, מצביעה על יתרון אפשרי לשימוש בטפטוף טמון על פני טפטוף עילי בעת שימוש בקולחים.

נתוני ה-pH של מיצוי העיסה הרוויה עבור שנת 1999 ו-2001 מוצגים באיורים 3 ו-4 בהתאמה. שינויים ב-pH ובעיקר עליה בו יכולים להעיד על מצב של עליה בפוטנציאל חימצון-חיזור. השקיה ממושכת במי קולחים יכולה לגרום לעליה בפוטנציאל החימצון-חיזור עקב הוספת חומר אורגני לקרקע ועידוד של פעילות מיקרובואלית ועקב כך לעליה ב-pH, שבתורה גורמת לעליה ברגישות חרסית הקרקע לדיספרסיה ולפגיעה עוקבת ביכולת הקרקע להוליך מים. הנתונים משנת הניסוי הראשונה מראים כי לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, מאידך הנתונים משנת 2001 מצביעים על מגמה בה השקיה בקולחים גרמה לעליה ב-pH. תופעה זו מדאיגה כיון שמצביעה על האפשרות כי שימוש בקולחים יכול לגרום להרעה ביציבות מבנה הקרקע ולפגיעה עוקבת ביכולתה להוליך מים. יש צורך להמשיך וללמוד את השינויים ב-pH של תמיסת הקרקע בעקבות השקיה בקולחים בכדי לאשש או לדחות את הממצאים שהתקבלו במחקר הנוכחי.

יחס ספיחת הנתרן (SAR) בתמיסת הקרקע מוצג באיור 5. כצפוי ניתן לראות כי יש עליה ב-SAR עם העומק. בשיטת השקיה נתונה, לאיכות מי ההשקיה לא הייתה השפעה על ה-SAR (איור 5).

עם זאת, נראה כי בהשקיה בקולחים ישנה עליה ב-SAR עם הזמן, בייחוד בטפטוף הטמון; דבר המצביע על הרעה הדרגתית במצב הקרקע. בהשוואה בין שתי שיטות ההשקיה נמצא כי בשכבת הקרקע העליונה ה-SAR בטפטוף הטמון היה נמוך באופן מובהק מזה שבטפטוף העילי (איור 5). תופעה זו גם נראתה בבדיקת אחוז הנתרן הספוח (ESP), כאשר ה-ESP בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף טמון היה נמוך באופן מובהק מזה שבטפטוף עילי (איור 6). מהשינויים שחלים ב-ESP בין תחילת וסוף עונת ההשקיה (איור 7) ניתן לראות (1) כי חל טיוב ב-ESP במהלך עונת החורף בעקבות התמוססות גיר והחלפת יוני נתרן ספוחים ביוני סידן ו- (2) שלמרות שה-ESP בתחילת עונת ההשקיה היה דומה בין טפטוף עילי לטמון בכל איכות מים, הרי שבסוף עונת ההשקיה בטפטוף טמון התקבל ESP נמוך יותר.

לעובדה כי ה-SAR וה-ESP בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף הטמון היו נמוכים באופן משמעותי מזה שבטפטוף העילי חשיבות רבה. זאת כיון ששכבת הקרקע העליונה חשופה במהלך עונת החורף למי גשם שהינם חסרי מלחים. ככל שרמת הניתרון של פני הקרקע נמוכה יותר כך קטנה רגישותם לתהליך ההתקרמות ולפגיעה בכשר החידור שלהם, ותהליך שטיפת והרחקת המלחים על ידי מי הגשם מאזור בית השורשים יעיל יותר. התוצאות משלוש שנות המחקר מראות מבחינות אלו לשימוש בטפטוף טמון עדיפות על השימוש בטפטוף עילי בייחוד כאשר משקים במי קולחים.

נתוני היבול שהתקבלו בשלוש שנות הניסוי מוצגים באיור 8. היבולים שהתקבלו מקובלים באזור עבור מנת ההשקיה שנתנה (טבלה 1). באופן כללי לא הייתה לאיכות מי ההשקיה או לשיטת ההשקיה השפעה על היבול שהתקבל. רק בשנת 1999 נצפה בטיפול של השקיה במים השפירים תוך שימוש בטפטוף טמון יבול שהיה גבוה באופן מובהק מזה שהתקבל בשאר הטיפולים (איור 8). חוסר הרגישות של הגידולים שנבחנו להשקיה בקולחים נובע כנראה מכך שחימצה ותירס לתחמיץ אינם גידולים הרגישים במיוחד למליחות בתחום המליחות הקיים במי קולחים.

7.2. יציבות תלכידים

תוצאות יציבות התלכידים בתום עונת ההשקיה השניה (סתיו 2000) מוצגות באיורים 9-11. לצורך השוואה מוצגים באיורים גם הנתונים עבור יציבות התלכידים בדגימות קרקע שנלקחו לפני עונת ההשקיה (אפריל 2000). התוצאות מצביעות על התופעות הבאות:

א. לאיכות מי ההשקיה כמעט ולא הייתה השפעה על יציבות התלכידים (איור 9). רק בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף עילי בסוף עונת ההשקיה יציבות התלכידים בדוגמא שהושקתה במי קולחים הייתה נמוכה באופן מובהק מיציבות התלכידים בדוגמא שהושקתה במים שפירים (איור 9א).

ב. בדומה לאיכות מי ההשקיה, למיקום הטפטפת כמעט ולא הייתה השפעה על יציבות התלכידים (איור 10). רק בשכבת הקרקע העליונה בדוגמא מסוף העונה שהושקתה בקולחים הייתה יציבות התלכידים גבוהה באופן מובהק בטפטוף הטמון מאשר בטפטוף העילי (איור 10ג).

ג. זמן הדיגום (תחילת עונה מול סוף עונה) השפיע על יציבות התלכידים בשכבת הקרקע העליונה בטפטוף העילי בלבד (איור 11 א ו-ב). בטפטוף טמון לזמן לא הייתה השפעה מובהקת על יציבות התלכידים (איור 11ד). בנוסף, ניתן לראות כי בדיגום לפני תחילת העונה יציבות התלכידים הייתה דומה בכל עומק הפרופיל, בעוד שבדיגום סוף העונה התקבלה עליה מסוימת ביציבות התלכידים עם העומק (איור 10).

תוצאות אלו מראות כי במידה והיו לטיפולים השפעות על יציבות התלכידים ההשפעה באה לידי ביטוי בעיקר בשכבת הקרקע העליונה. את ההבדלים ביציבות התלכידים בשכבה זו ניתן לייחס לעיבודים שגרמו להפרה מכנית של התלכידים (השוואה בין מועדי דיגום), ולאכזות מי ההשקיה שגרמה לעליה מסוימת בניתרון הקרקע. השקיה בטפטוף טמון הקטינה את ניתרון פני הקרקע (ראה סעיף 4.1) ולכן התלכידים בשכבת הקרקע העליונה היו יציבים יותר בשטח שהושקה בטפטוף טמון לעונת זה שהושקה בטפטוף עילי. על סמך תוצאות אלו נבחנו יציבות התלכידים מדיגום שנלקח בסוף עונת ההשקיה השלישית (סתיו 2001) רק משכבת הקרקע העליונה, ובה הופרד הדיגום לשניים, 0-10 ו-10-30 ס"מ. התוצאות שהתקבלו (איור 12) אששו את הממצאים מהשנה הקודמת. יציבות התלכידים בשכבת הקרקע העליונה (0-10 ס"מ) בטפטוף הטמון בהשקיה בקולחים הייתה דומה לזו שהתקבלה בהשקיה במים שפירים והייתה גבוהה יותר באופן מובהק מזו שהתקבלה בטפטוף עילי מושקה בקולחים. בשכבת הקרקע העמוקה (10-30 ס"מ) לא התקבל הבדל מובהק ביציבות התלכידים בין הטיפולים השונים. ניתן לכן להסיק כי שימוש בטפטוף טמון בקולחים מונע את הרטבת שכבת הקרקע העליונה ובעקבות זאת נשמרת יציבות תלכידים בפני הקרקע הדומה לזו המתקבלת בהשקיה במים שפירים. מאידך שימוש בטפטוף עילי בקולחים גורם לפחיתה ביציבות התלכידים (עקב האיכות הנכונה של הקולחים) ומגביר בכך את רגישות הקרקע להתקרמות ולהיווצרות נגר עילי וסחף במהלך עונת החורף העוקבת.

7.3. בדיקת מוליכות ההידראולית בשדה

קביעת המוליכות ההידראולית בשדה מבוססת על מדידת השטח המורטב (שטח האיגום) על ידי טפטפות בספיקות השונות. מתוך ידיעת שטח האיגום ניתן לחשב את הרדיוס האקויוולנטי לשטח הנמדד ובעקבות זאת ניתן לחשב את המוליכות ההידראולית הרוויה והבלתי רוויה על סמך המשוואה הבאה (Gardner, 1959):

$$K(h) = K_s e^{\alpha h} \quad (1)$$

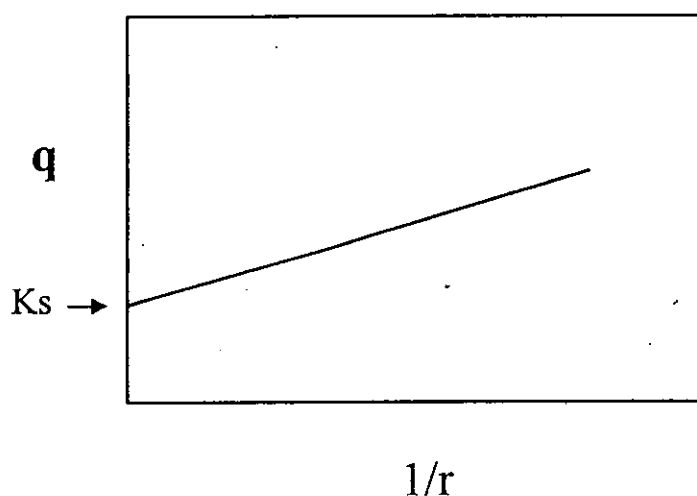
כאשר K_s הינה המוליכות ההידראולית ברוויה, α הינה תכונת קרקע הנמצאת ביחס הפוך לריבוע הסורפטיביות של הקרקע, ו- h הינו העומד המטריצי.

עבור מקור מים נקודתי בפני הקרקע ניתן לחשב את K_s ו- α מתוך היחס הבא שהוצע על ידי

Wooding (1968):

$$q = K_s + 4K_s/\pi\alpha r \quad (2)$$

כאשר q הינה ספיקת המקור הנקודתי ו- r הינו הרדיוס האקוויולנטי של שטח האיגום. את K_s ואת α ניתן לקבל מתוצאות של רגרסיה ליניארית בין הספיקה של מקור המים לבין $1/r$. החותך של הרגרסיה הינו K_s (ראה איור מצורף)



ואילו את α ניתן לחשב כדלקמן:

$$\alpha = 4K_s/b\Pi \quad (3)$$

תוצאות מדידת השטח המורטב על ידי הטפטפות (שטח האיגום) בספיקות השונות בשלוש עונות ההשקיה מוצגות באיורים 13-15. עבור השקייה במיפ שפירים, בשנת הניסוי הראשונה (איור 13) התוצאות הצביעו על הקטנת שטח האיגום עם התקדמות עונת ההשקיה בשנת הניסוי הראשונה והשלישית; גודל שטחי האיגום שנמדדו בסוף העונה היה קטן באופן מובהק מגודלם בתחילת עונת ההשקיה (איורים 13 ו- 15). מאידך, בשנה השניה למעט הטפטפת עם הספיקה הגבוהה בה הובחנה מגמה של עליה בשטח האיגום עם התקדמות עונת ההשקיה, שטח האיגום לא השתנה במהלך עונת ההשקייה (איור 14). ההסבר לשוני בהתנהגות הקרקע בין השנים אינו ברור ודורש מחקר נוסף.

במי הקולחים שטחי האיגום בשנה הראשונה היו דומים לאלו שנצפו במים השפירים (איור 13). בשנים 2000 ו- 2001 הובחנה מגמה בה שטח האיגום בהשקייה הראשונה היה גדול, בהשקייה השניה הובחנה פחיתה מובהקת בגודלו ואילו בשתי ההשקיות האחרונות שטח איגום שוב הלך וגדל. בהסתכלות מדוקדקת באופן הצטברות המים על יד הטפטפות בשטח שהושקה בקולחים (תמונה 16) ניתן להבחין בהתכדרות המים ביציאה מהטפטפת דבר המצביע על אפשרות של התפתחות תנאים הידרופוביים בפני הקרקע שניתן ליחסם לשימוש בקולחים. מי קולחים מכילים

חומר אורגני שבחלקו הינו הידרופובי. אנו משערים כי החומר האורגני שמקורו במי ההשקיה הצטבר בפני הקרקע באופן כזה שחלקו ההידרופובי נחשף לאויר ויצר שכבה דוחת מים. תופעה זו דורשת מחקר נוסף לצורך אימות התצפיות ולימוד המנגנונים האחראים לתופעה שנצפתה.

הערכים המחושבים של המוליכות ההידראולית ברוויה (K_s) בהשקיה במים שפירים המבוססים על מדידות שטחי האיגום במהלך שלוש שנות ניסוי מוצגים באיור 17. ערכי K_s שהתקבלו היו בתחום של 10-60 ס"מ/שעה. לא הובחנה מגמה מוגדרת בשינוי במוליכות ההידראולית בין השנים. הערכים המחושבים של α היו גבוהים מאוד בתחילה והתייצבו על ערך של 0.2-0.6 ס"מ¹. הערכים הללו עבור המוליכות ההידראולית ועבור α אופייניים לקרקעות בעלות מרקם גס וגבוהים בהרבה מהערכים המקובלים בספרות עבור קרקעות חרסיתיות כקרקע גבת, שהינם 1-3 ס"מ/שעה, ו- 0.04-0.06 ס"מ¹, בהתאמה עבור המוליכות ההידראולית ו- α . מאחר וערכי המוליכות ההידראולית ו- α שהתקבלו גבוהים בהרבה מהמקובל בספרות עבור קרקעות חרסיתיות כדוגמת קרקע גבת, נראה לנו כי המוליכות ההידראולית שנמדדה מייצגת את המוליכות של מבנה הקרקע ולא של מרקם הקרקע. מסקנה זו מתבססת על תוצאות עקביות שהתקבלו במהלך שנות הניסוי. התוצאות גם מצביעות על העובדה כי השקיה בטפטוף אינה גורמת להרס מבנה הקרקע למרות השטפים הגבוהים בקרבת הטפטפת, אלא משמרת מבנה יציב ותלכידים המאפשרים זרימת מים חופשית לתוך הקרקע.

ערכי המוליכות ההידראולית עבור השקיה בקולחים בשנת 1999 היו דומים לאלו שהתקבלו עבור השקיה במים שפירים. בעקבות התפתחות התנאים ההידרופובים בפני הקרקע שנצפו בשנים 2000 ו-2001 (תמונה 16), התנהגות שכבת קרקע זו אינה דרסיאנית יותר. התנהגות דרסיאנית של הקרקע היא הבסיס עליו מבוסס חישוב המוליכות ההידראולית של הקרקע על סמך שטח האיגום. אין אפשרות לכן לחשב את המוליכות ההידראולית של הקרקע בתנאים שהתפתחו בה בעקבות ההשקיה בקולחים. אולם ידוע מהספרות כי התפתחות תנאים הידרופובים בפני הקרקע מגבירים את חוסר אחידות פיזור המים בחתך הקרקע בעקבות תופעת ה-fingering.

7.4. בדיקת ספיקת טפטפות בטפטוף טמון

מעקב אחר ספיקת הטפטפות בטפטוף הטמון במהלך עונת ההשקיה הראה כי לא היה הבדל משמעותי בספיקת הטפטפות בשלוחות שנבחנו כתלות באיכות מי ההשקיה (איור 16). כמו כן ניתן לראות כי ספיקת הטפטפות הייתה קבועה למדי לאורך עונת ההשקיה. התוצאות מצביעות על כך כי החשש שמא המוליכות ההידראולית בקרקע חרסיתית תפחת עקב שימוש בקולחים ותגרום להקטנת ספיקת הטפטפות בטפטוף טמון לא נמצא בשלב זה כמוצדק. יש צורך כמובן לאמת את הממצא הנ"ל במדידות נוספות.

התוצאות שהתקבלו בשלוש שנות המחקר מצביעות על כך כי לאיכות מי ההשקיה ו/או לשיטת ההשקייה לא הייתה בדרך כלל ההשפעה על היבול ועל מליחות השדה. לשימוש בטפטוף טמון עדיפות על פני שימוש בטפטוף עילי בהשקיה בקולחים מבחינת שמירה על רמת ניתרון נמוכה יותר ויציבות תלכידים גבוהה יותר בפני הקרקע. בעקבות כך סביר להניח כי שימוש בטפטוף טמון בעת השקיה בקולחים תקטין רגישות הקרקע להתקרמות פני הקרקע ולהיווצרות נגר עילי וסחף בעונת הגשם העוקבת תקטן. כתוצאה מכך יותר מי גשם יחדרו לפרופיל הקרקע ותתקבל שטיפה יעילה יותר של איזור בית השורשים ונתקטן סכנת המלחת בית השורשים עקב השימוש בקולחים שמליחותם גבוהה מזו של מים שפירים. המוליכות ההידראולית שהתקבלה ממדידות, בשדה מושקה במים שפירים במהלך עונת ההשקיה הייתה גבוהה בהרבה מין הצפוי ומצביעה על כך כי להשקיה בטפטוף עילי אין השפעה שלילית על מבנה הקרקע ויציבות התלכידים ולכן נשמרת בפני הקרקע אפשרות להולכת מים בשטף גבוה. לא צפויה פגיעה באחידות פיזור המים בהשקיה בטפטוף טמון הן במים שפירים והן בקולחים כיוון שלא נצפתה פגיעה בספיקת הטפטפות בטפטוף הטמון בשתי איכויות המים. בעקבות השקיה ממושכת בקולחים התעוררו מספר סימנים מדאיגים באשר להשפעה שלילית אפשרית של קולחים על יציבות מבנה הקרקע ותכונותיה ההידראוליות. השקיה בקולחים גרמה לעליה ב- pH של תמיסת הקרקע ולרמת הניתרון של שכבת הקרקע העליונה; שני סימנים המעידים על עליה ברגישות החרסית בקרקע לדיספרסיה ולהרס מבנה הקרקע. כמו כן, הובחנה היווצרות של תנאים הידרופובים בפני הקרקע שגרמו לשינוי באופן חידור המים לקרקע (בהשוואה למים שפירים) ולפגיעה אפשרית באחידות הפיזור שלהם בחתך הקרקע.

הבעת תודה

המחברים מביעים תודה למדען הראשי של משרד החקלאות, ולהנהלות ענף הקרקע והכותנה על עזרתם במימון המחקר. כמו כן ברצוננו להודות למר צבי גולן ולמפעל פלסטרו-גבת עבור הקמת מערכת ההשקיה לניסוי, לאנשי צוות ההשקיה של קיבוץ גבת על עזרתם בהפעלת הניסוי, ולעובדי מעבדת שירות שדה בחוות נוה יער על הביצוע היעיל והמהיר של בדיקות הצמח והקרקע.

- Levy G. J., and W.P. Miller. 1997. Aggregate stabilities of some Southeastern U.S. soils. Soil Sc. Soc. Am. J. 61: 1176-1182.
- Pierson, F.B., and D.J. Mulla. 1989. An improved method for measuring aggregate stability of a weakly aggregated loessial soil. Soil Sc. Soc. Am. J. 53: 1825-1831.
- Shani, U., R. J. Hanks, E. Bresler, and C. A. S. Oliveira. 1987. Field method for estimating hydraulic conductivity and matric potential-water content relations. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:298-302.
- Van Genuchten, M.Th.1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sc. Soc. Am. J. 44: 892-898.
- Wooding, R.A. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resour. Res. 4:1259-1273.

סיכום עם שאלות מנחות

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה:

- (1) לעקוב אחר השפעת איכות מי ההשקיה (מים שפירים לעומת קולחים) ושיטת ההשקיה (טפטוף עילי מול טפטוף טמון) על הרכב וריכוז המלחים בתמיסת הקרקע, יציבות תלכידים ויבול.
- (2) ללמוד את השפעת איכות מי ההשקיה על המוליכות ההידראולית ברוויה של הקרקע כפי שנמדדה בשדה.

2. עיקר הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח:

התוצאות שהתקבלו בשלוש שנות המחקר מראות כי לאיכות מי ההשקיה ו/או לשיטת ההשקיה לא הייתה בדרך כלל השפעה על היבול ועל מליחות השדה. השקיה בקולחים גרמה לעליה ב- pH של תמיסת הקרקע. לשימוש בטפטוף טמון הייתה עדיפות על פני שימוש בטפטוף עילי בהשקיה בקולחים מבחינת שמירה על רמת ניתרון נמוכה יותר ויציבות תלכידים גבוהה יותר בפני הקרקע. המוליכות ההידראולית שהתקבלה ממדידות בשדה במהלך עונת ההשקיה הייתה גבוהה בהרבה מן הצפוי בקרקע חרסיתית. בהשקיה בקולחים בטפטוף עילי התפתחו תנאים הידרופובים בפני הקרקע שגרמו לשינויים באופי חידור המים לקרקע. לא נצפתה פגיעה באחידות פיזור המים בהשקיה בטפטוף טמון הן במים שפירים והן בקולחים.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

לשימוש בטפטוף טמון עדיפות על טפטוף עילי בהשקיה בקולחים בשמירה על רמת ניתרון נמוכה ויציבות תלכידים גבוהה בשכבת הקרקע העליונה. כפועל יוצא, תקטן רגישות הקרקע להתקרמות במהלך עונת החורף העוקבת ותגדל יעילות חידור הגשם ושיטיפת המלחים בשטחי הטפטוף הטמון. השקיה במים שפירים בטפטוף עילי שומרת על מוליכות הידראולית גבוהה בקרקע חרסיתית. השקיה בקולחים גרמה לעליה ב- pH של תמיסת הקרקע דבר המצביע על אפשרות של פגיעה ביציבות מבנה הקרקע. השקיה בקולחים גם מצביעה על האפשרות של התפתחות תנאים הידרופוביים בפני הקרקע. תנאים אלו יכולים לגרום לשינויים באופן חידור המים לקרקע ופגיעה באחידות פיזורם בחתך הקרקע.

4. הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה :

יש צורך לאמת את ההשערות שהועלו להסבר המוליכות ההידראולית הגבוהה שנצפתה בקרקע חרסיתית המושקת במים שפירים. יש צורך להמשיך וללמוד את תופעת התנאים ההידרופובים הנוצרים בעת השקיה בקולחים והשפעתם על יעילות ההשקיה. יש צורך להמשיך לעקוב אחר השפעת ההשקיה בקולחים על pH וניתרון הקרקע ויציבות תלכידים (כולם מדים המייצגים יציבות מבנה הקרקע), בעיקר בשכבת הקרקע העליונה.

5. האם הוחל בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

הפצת ידע נעשתה על ידי מתן הרצאה מוזמנת בכנס של האגודה האירופית לגיאופיזיקה שהתקיים בחודש אפריל 2000 בניצה, צרפת, וכן בהרצאות בימי עיון למדריכי שה"ם וחקלאים. כמו כן, תקצירי הדו"חות השנתיים הופצו מידי שנה למגדלי הכותנה על ידי הנהלת ענף הכותנה.

רשימת איורים

איור 1: מוליכות חשמלית של מיצוי עיסה רוויה של דוגמאות קרקע משכבות הקרקע השונות כתלות בטיפולם ושנות הניסוי (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 2: ערכים ממוצעים עבור כל העומקים והשנים של מוליכות חשמלית של מיצוי עיסה רוויה עבור הטיפולים השונים (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 3: ערכי pH של מיצוי עיסה רוויה של דוגמאות מדיגום סתיו 1999 (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 4: ערכי pH של מיצוי עיסה רוויה של דוגמאות מדיגום סתיו 2001 (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 5: ה- SAR של מיצוי עיסה רוויה של דוגמאות קרקע משכבות הקרקע השונות כתלות בטיפולם ושנות הניסוי (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 6: אחוז נתרן חליף (ESP) בקרקע בתום עונת ההשקיה של 2001 (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 7: אחוז נתרן חליף (ESP) בשכבת הקרקע העליונה בתחילת ובתום עונת ההשקיה של 2001 (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 8: יבול שהתקבל בשלוש עונות הגידול בטיפולים השונים (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 9: יציבות תלכידים משכבות הקרקע השונות כתלות באיכות מי ההשקיה בדיגום סתיו 2000.

איור 10: יציבות תלכידים משכבות הקרקע השונות כתלות במיקום הטפטוף בדיגום סתיו 2000.

איור 11: יציבות תלכידים משכבות הקרקע השונות כתלות בזמן דיגום הקרקע בשנת 2000.

איור 12: יציבות תלכידים בדוגמאות משכבות הקרקע העליונות (0-10 ו- 10-30 ס"מ) בתום עונת ההשקיה של 2001 (מים שפירים/ טפטוף עילי – FW-S ; מים שפירים/טפטוף טמון – FW-SS ; מי קולחים/טפטוף עילי – EFF-S ; מי קולחים/טפטוף טמון – EFF-SS).

איור 13: שטח האיגום סביב הטפטפת בטפטוף העילי כפי שנמדד ב- 4 תאריכים שונים בשתי איכיות מי ההשקייה בשנת 1999.

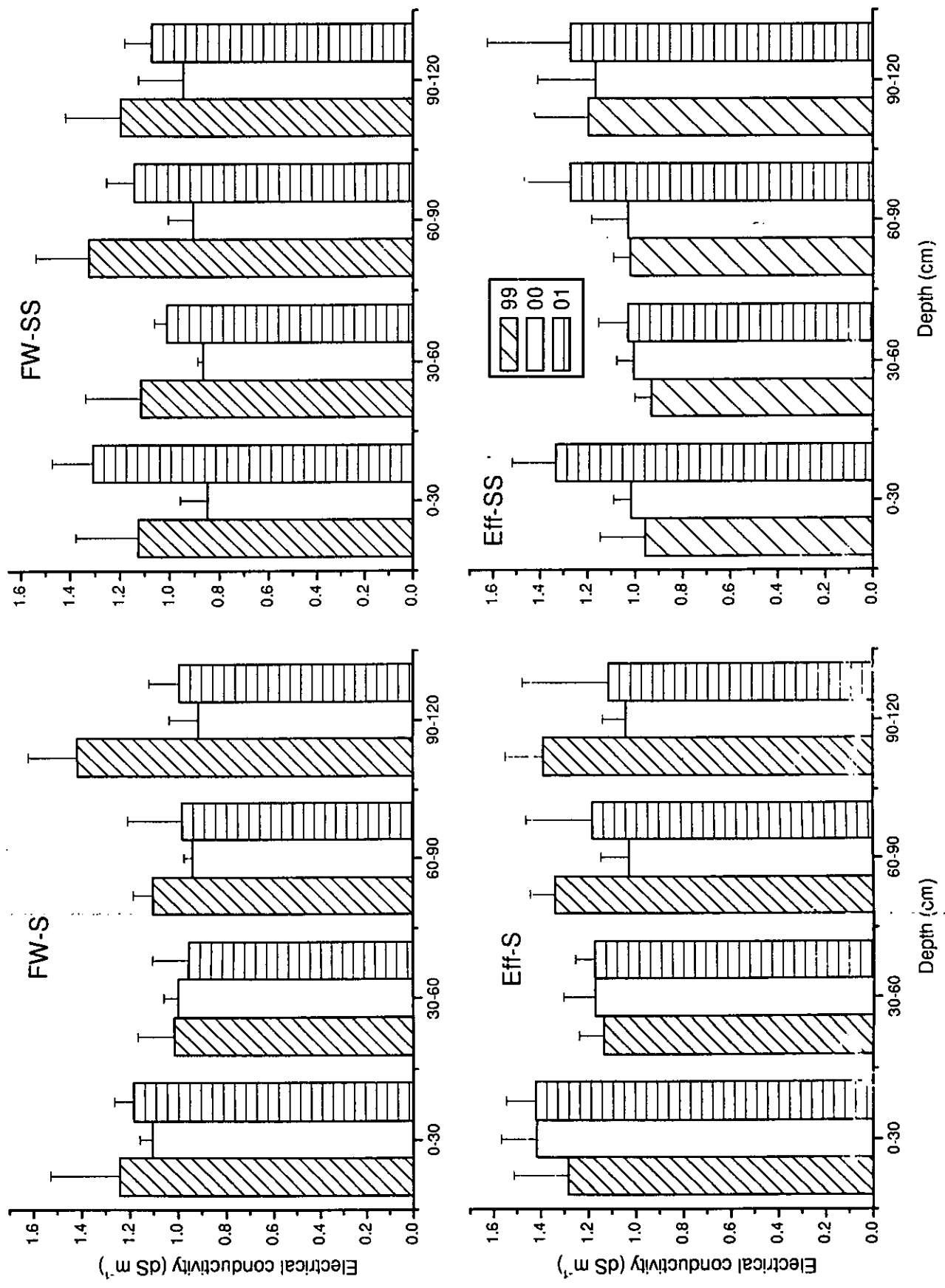
איור 14: שטח האיגום סביב הטפטפת בטפטוף העילי כפי שנמדד ב- 4 תאריכים שונים בשתי איכיות מי ההשקייה בשנת 2000.

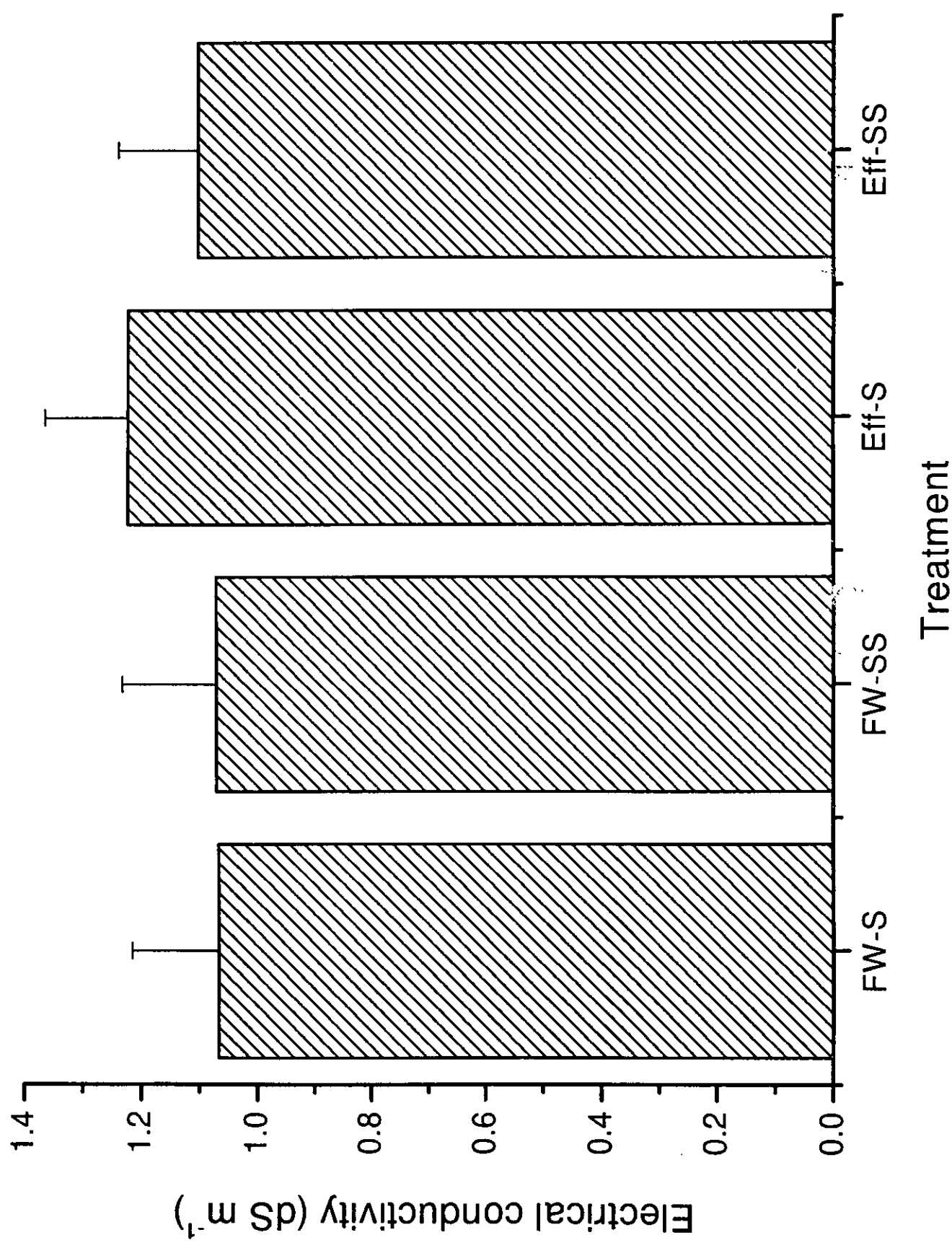
איור 15: שטח האיגום סביב הטפטפת בטפטוף העילי כפי שנמדד ב- 4 תאריכים שונים בשתי איכיות מי ההשקייה בשנת 2001.

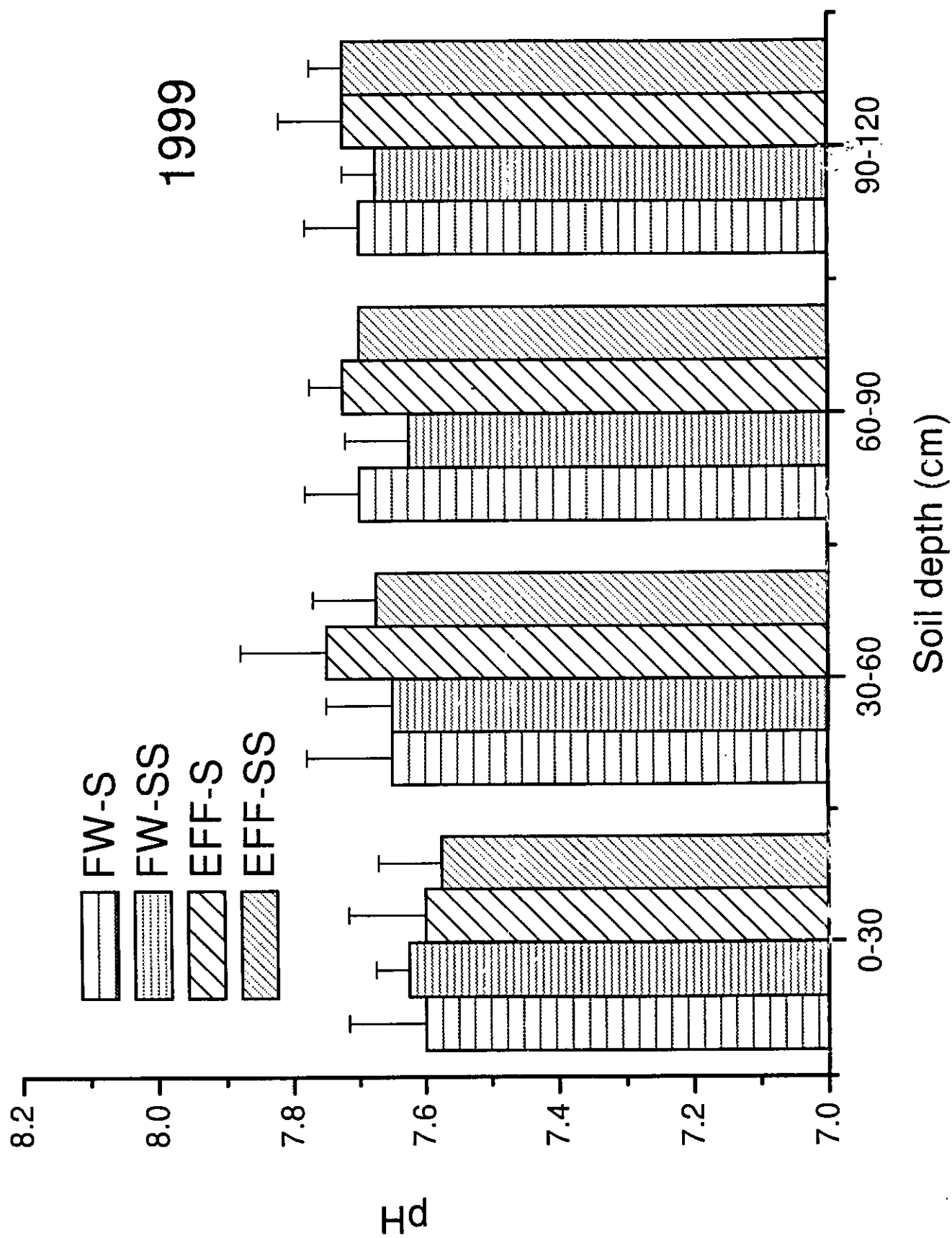
תמונה 16: תופעת הידרופוביות בקרקע גבת מושקית בקולחים.

איור 17: ערכים מחושבים (על סמך שטחי האיגום) של המוליכות ההידראולית הרוויה בקרקע מושקית במים שפירים בשלוש שנות הניסוי

איור 18: ספיקות שלוחות הטפטוף הטמון בשתי איכיות מי ההשקייה.

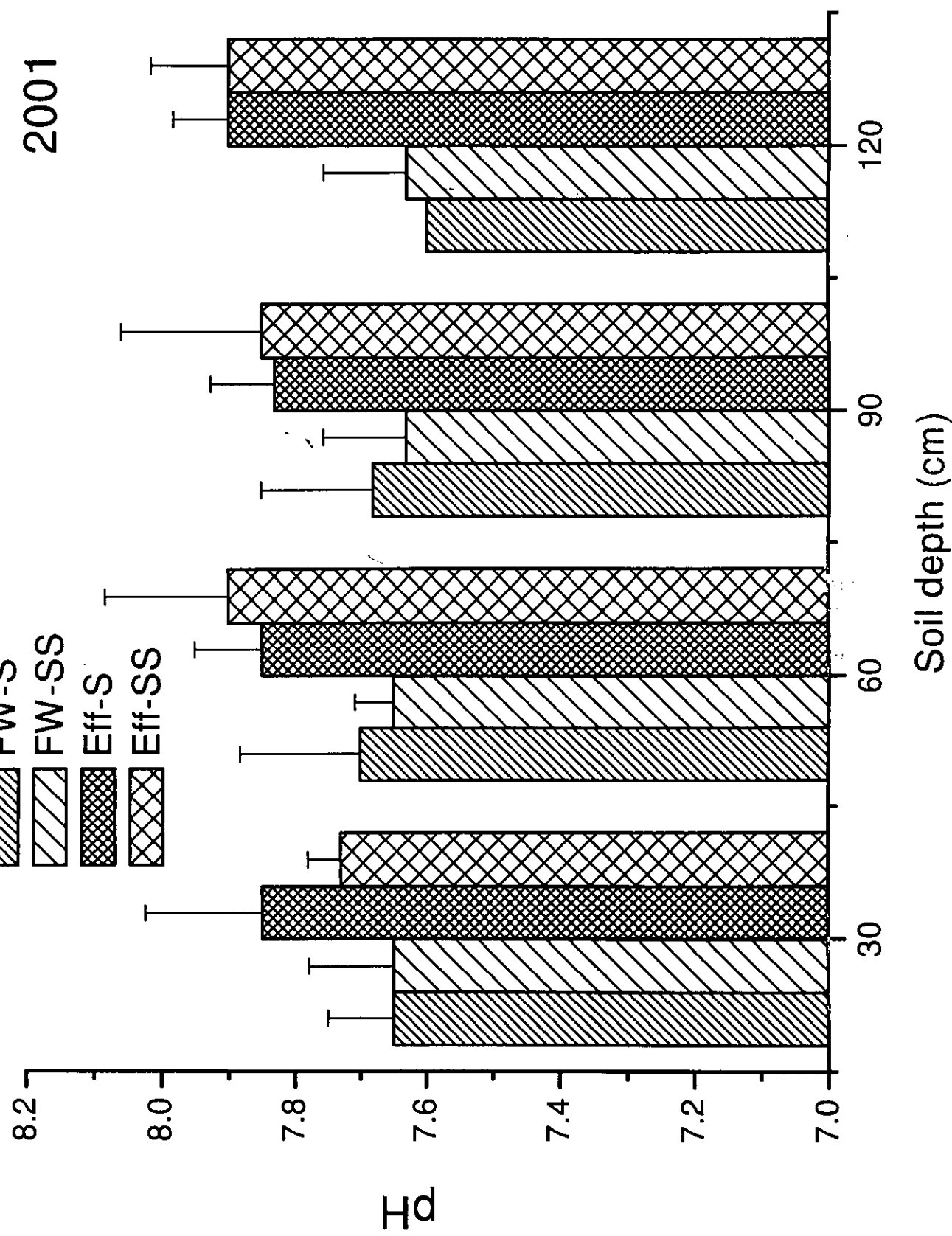


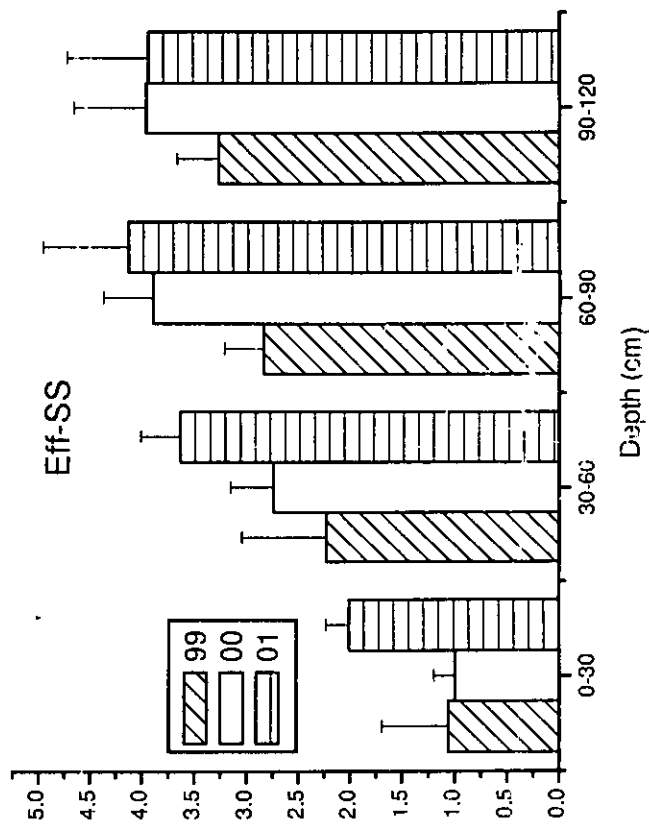
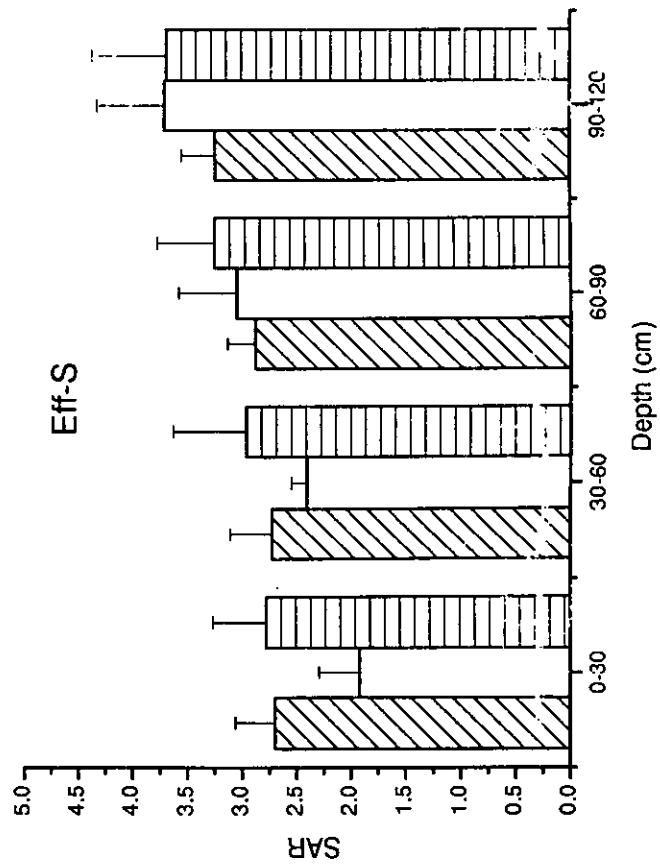
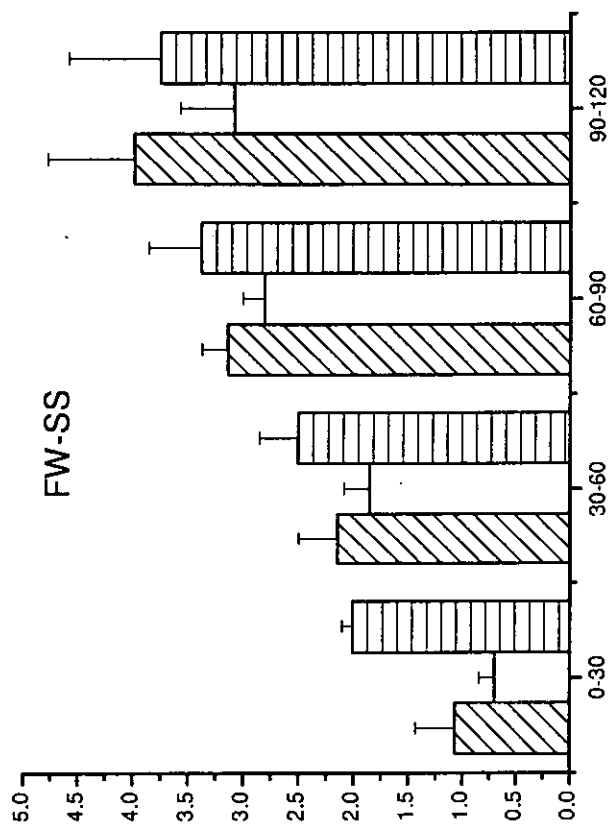
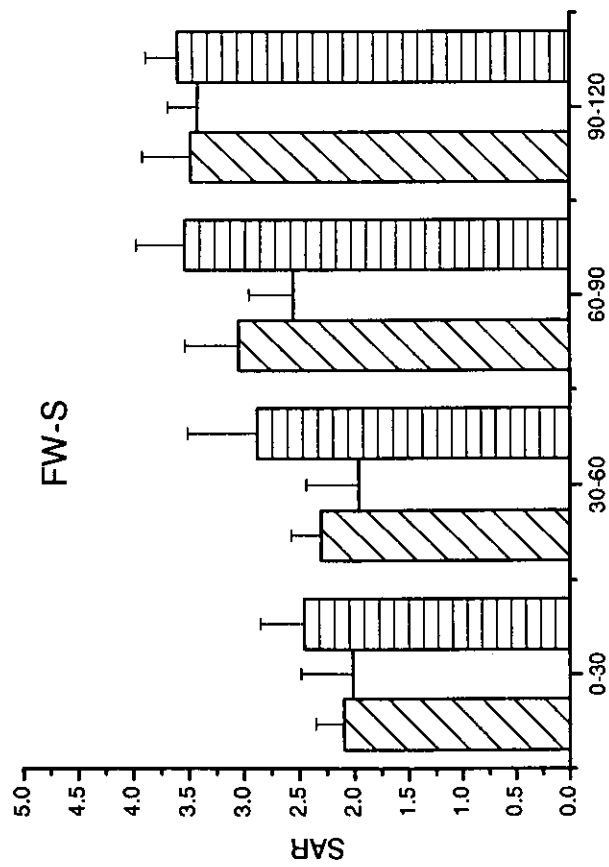


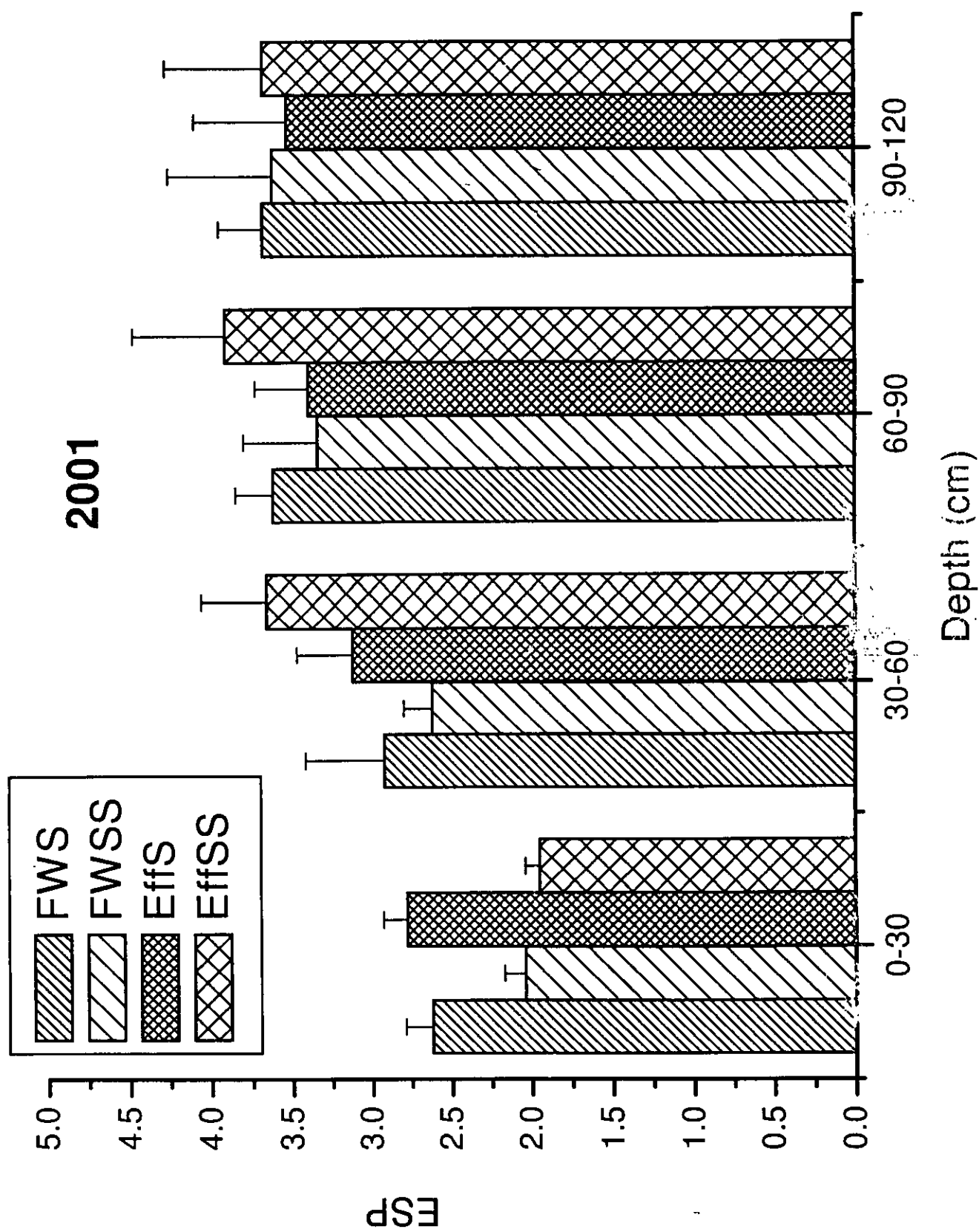


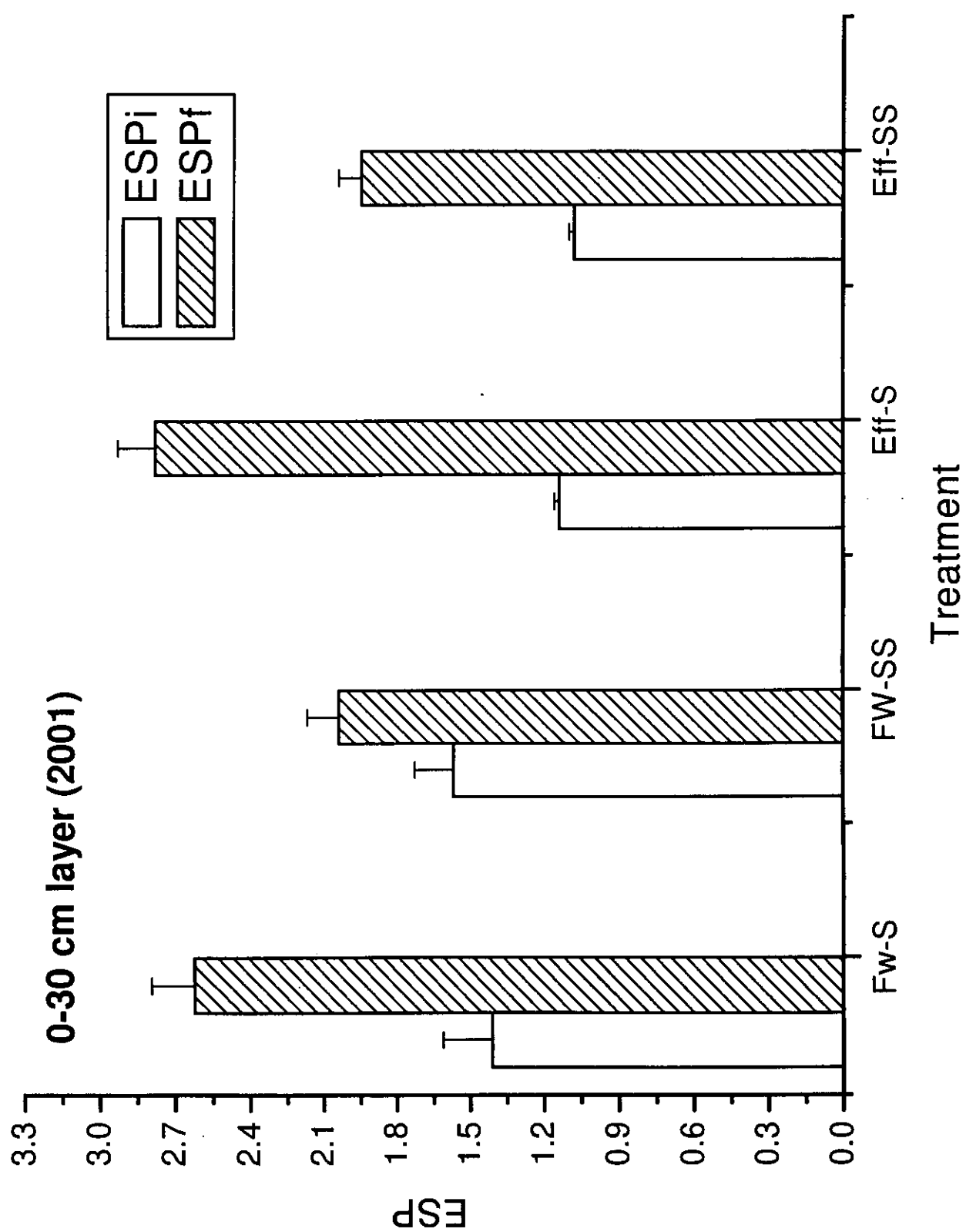
2001

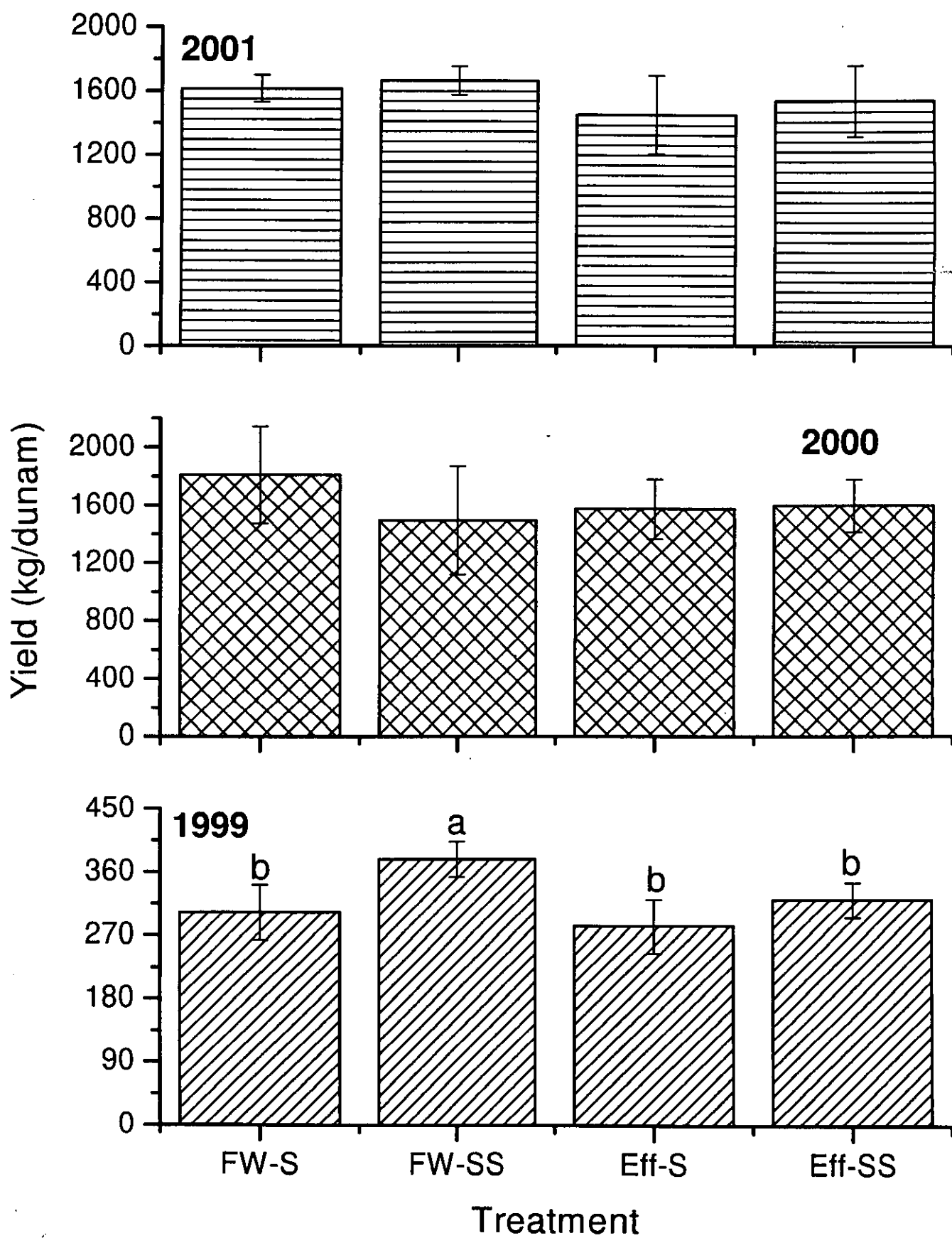
- FW-S
- FW-SS
- Eff-S
- Eff-SS



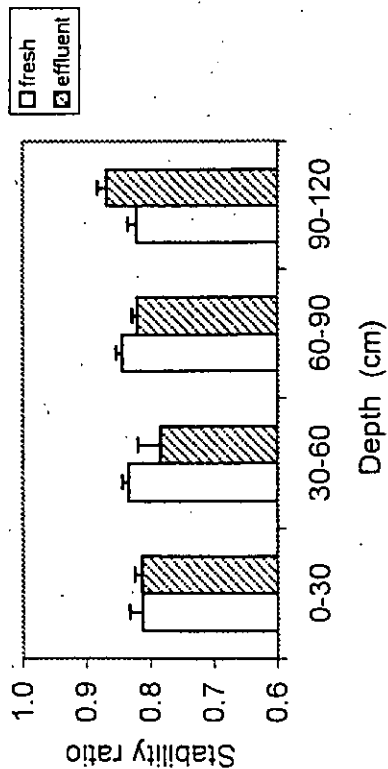






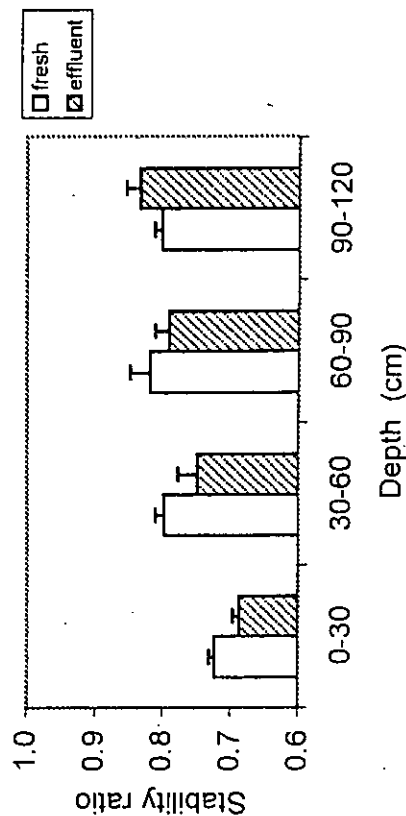


Gvat surface irrigation (April)



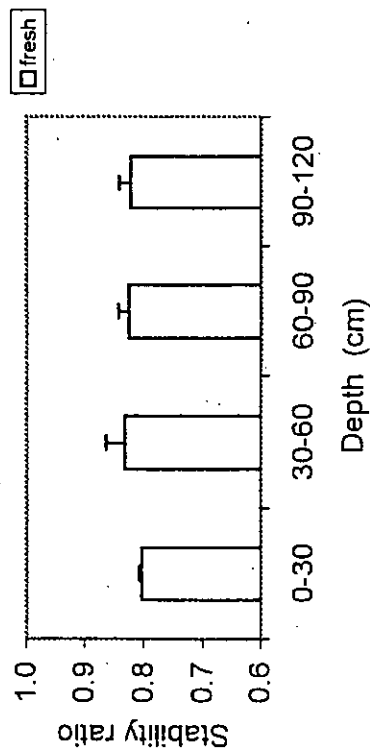
2

Gvat surface irrigation (July)



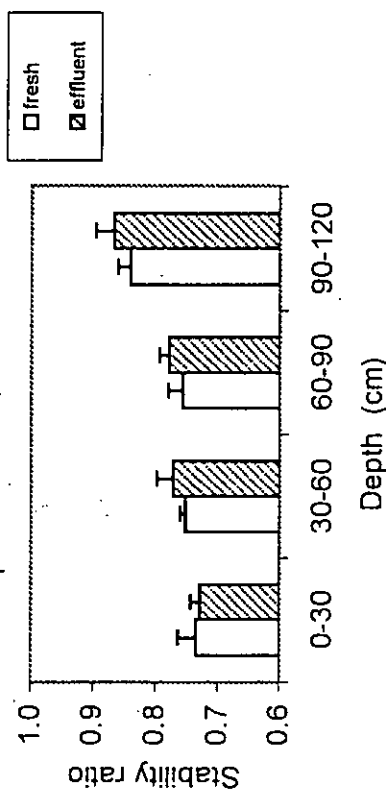
1c

Gvat subsurface irrigation (April)

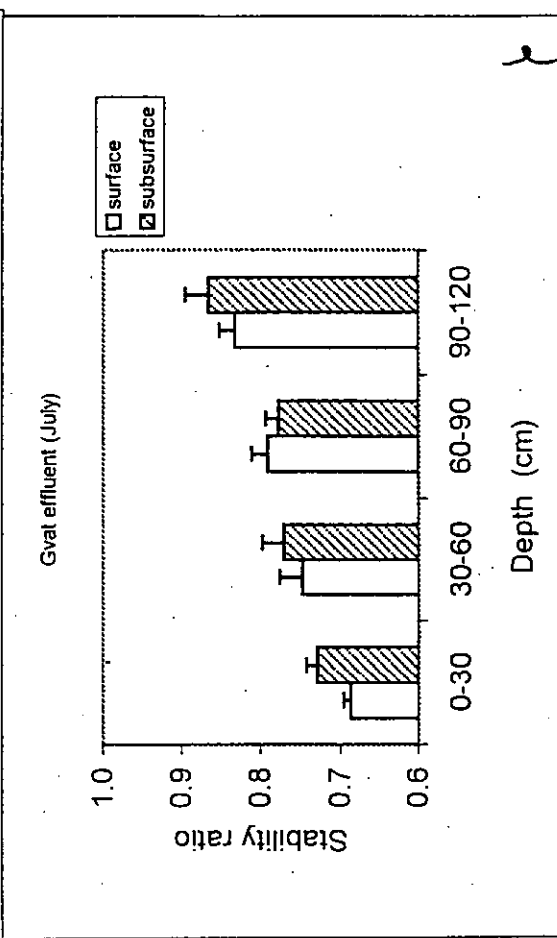
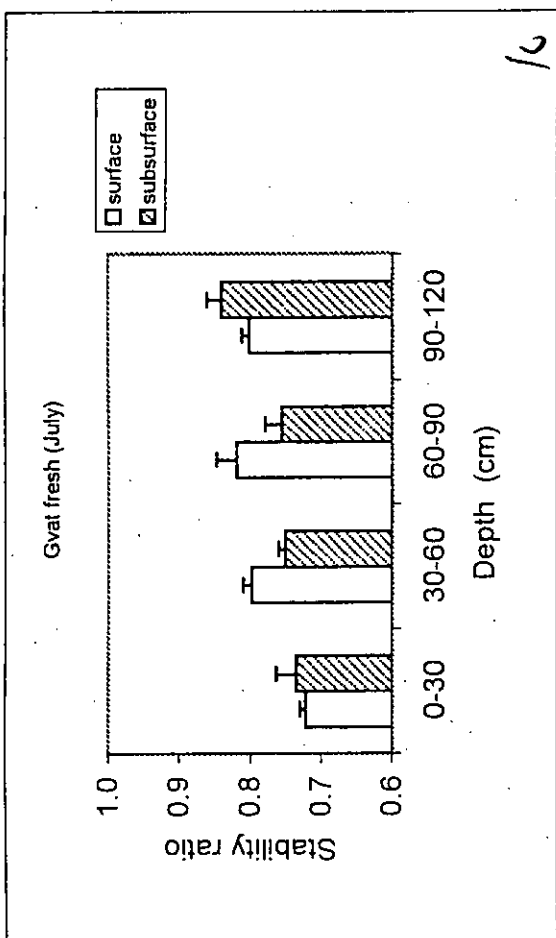
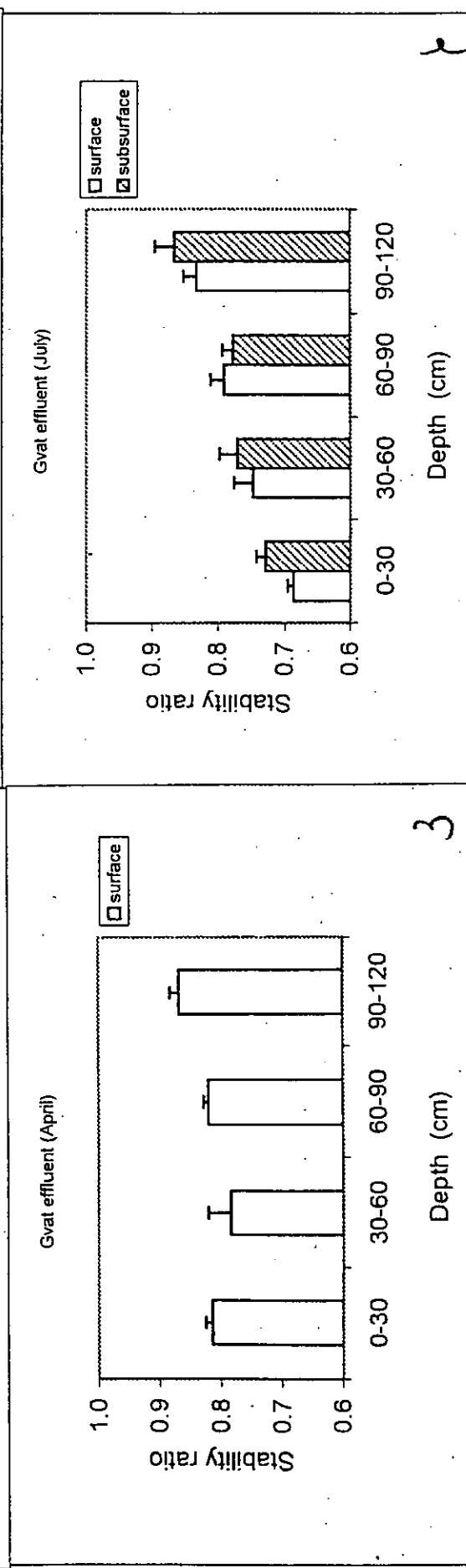
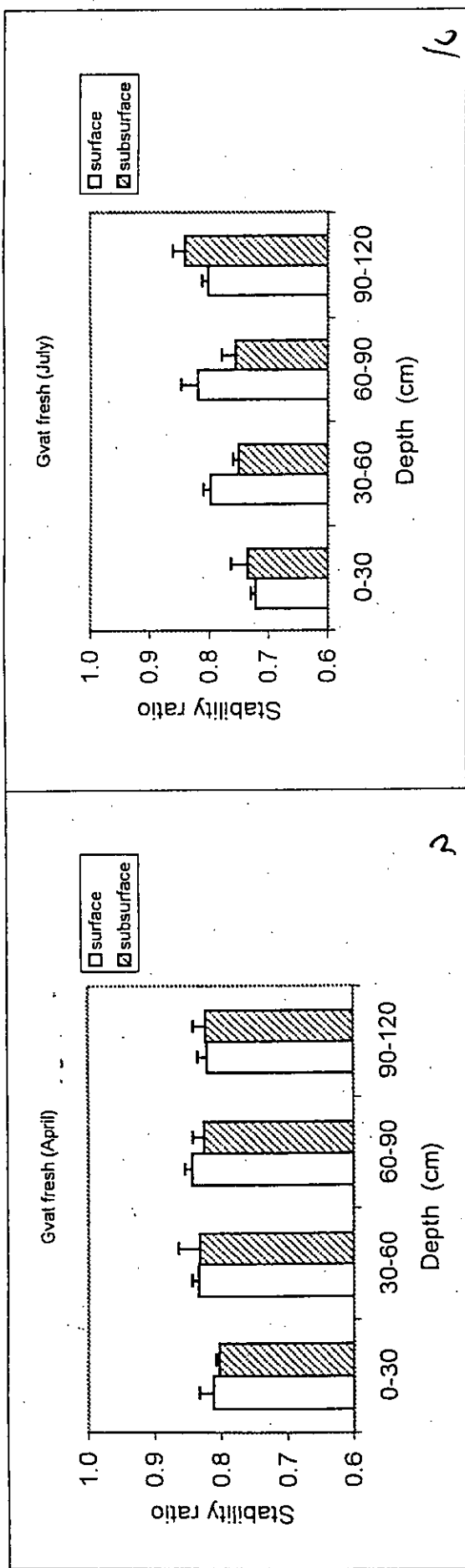


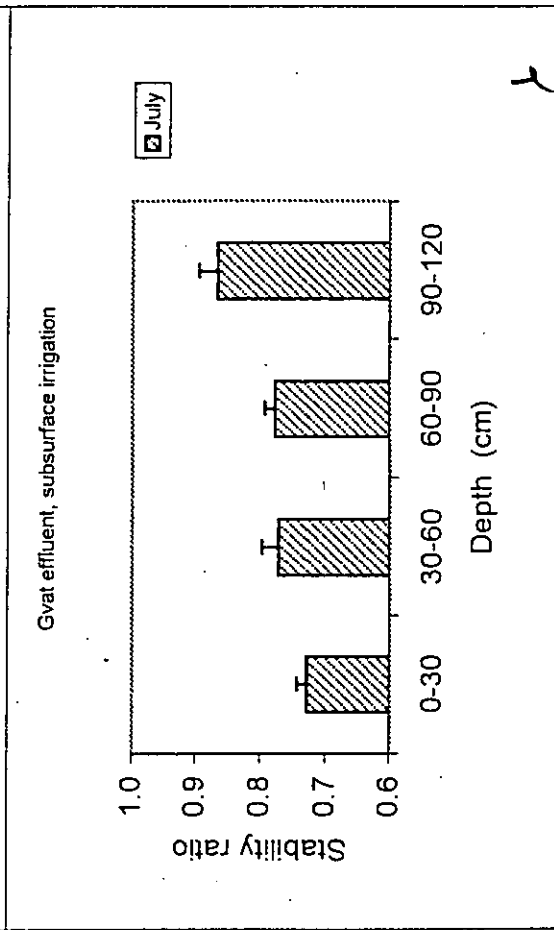
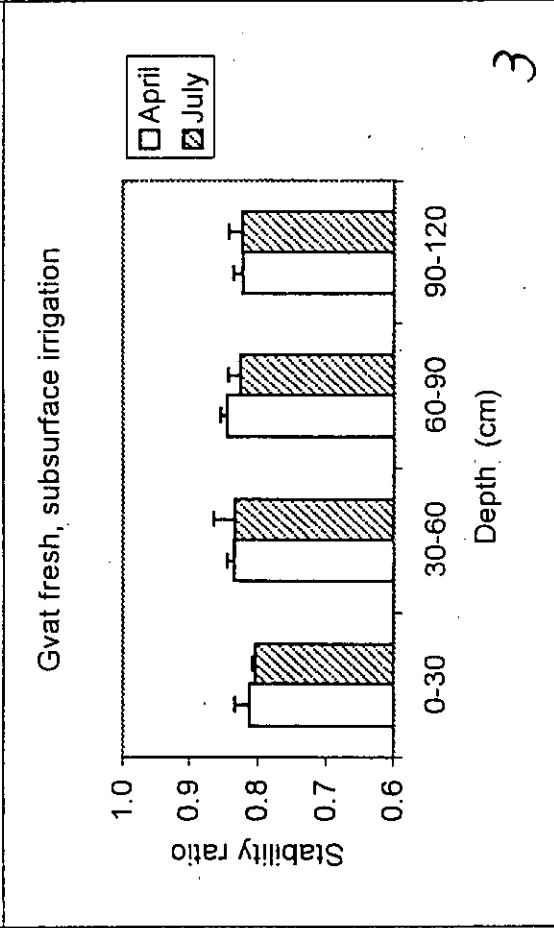
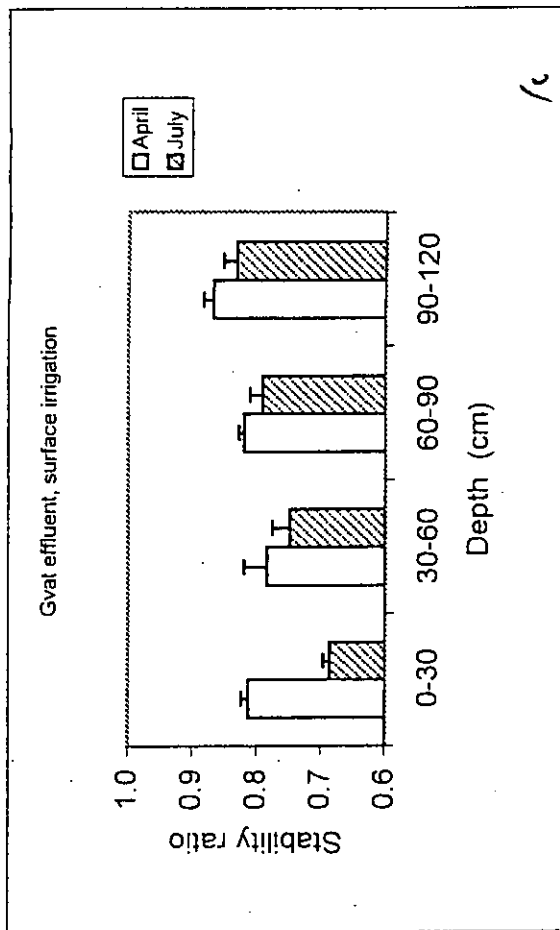
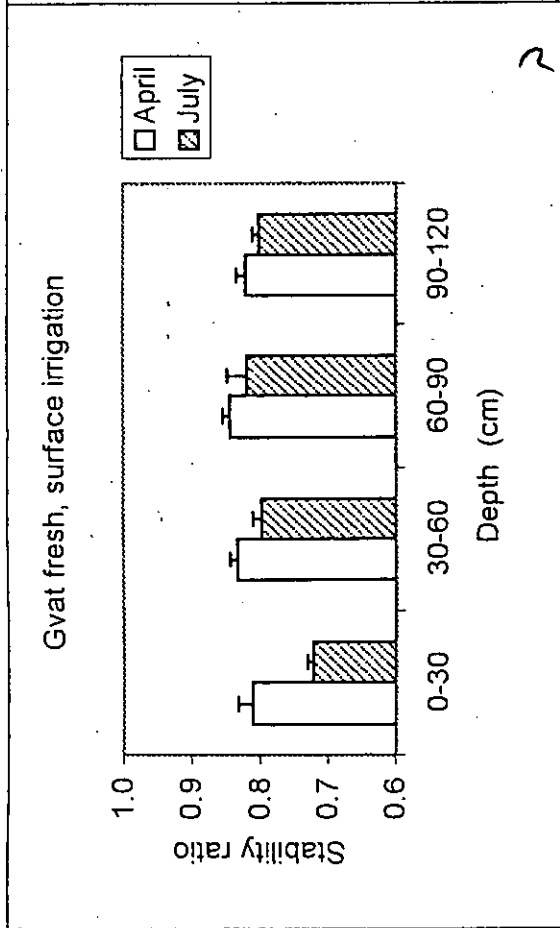
3

Gvat subsurface irrigation (July)

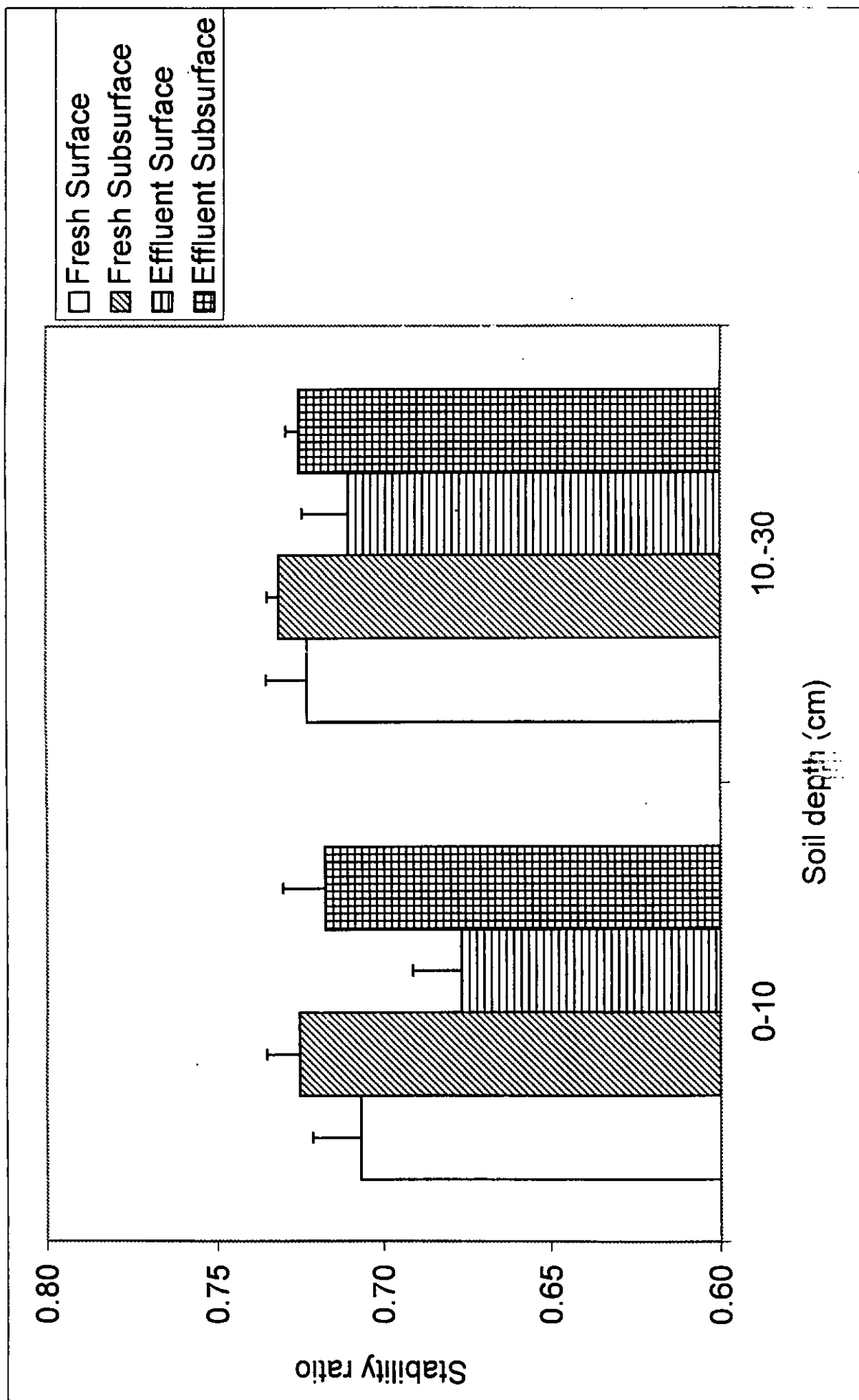


1

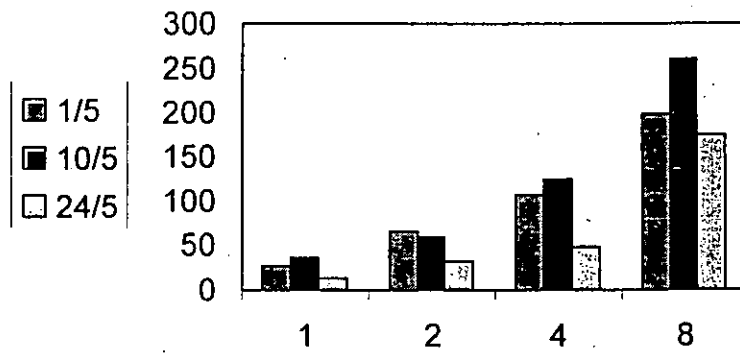




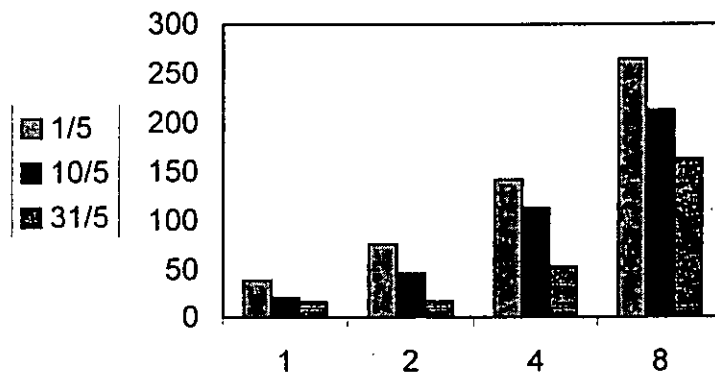
11.05 II 31/2



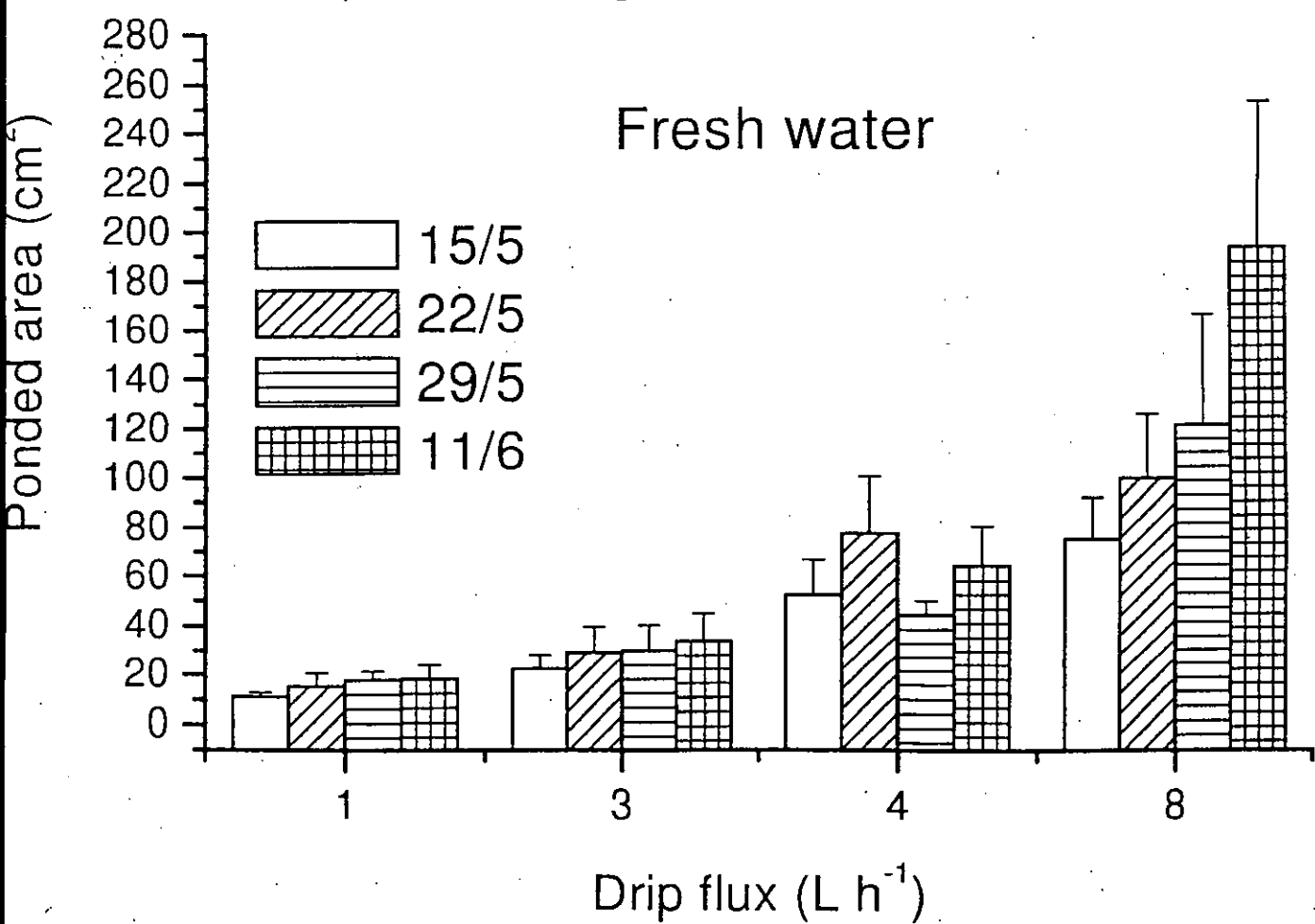
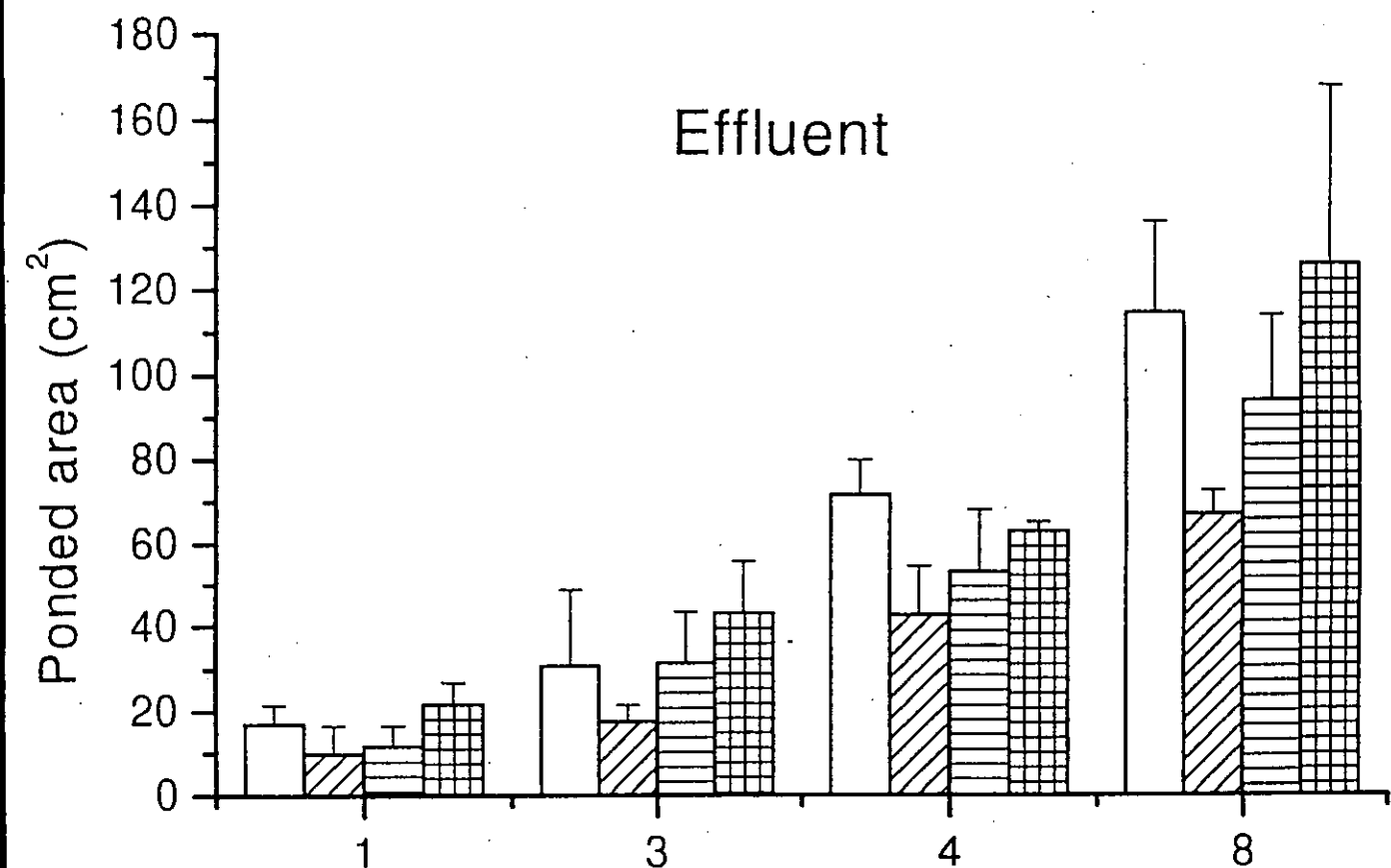
שפירים

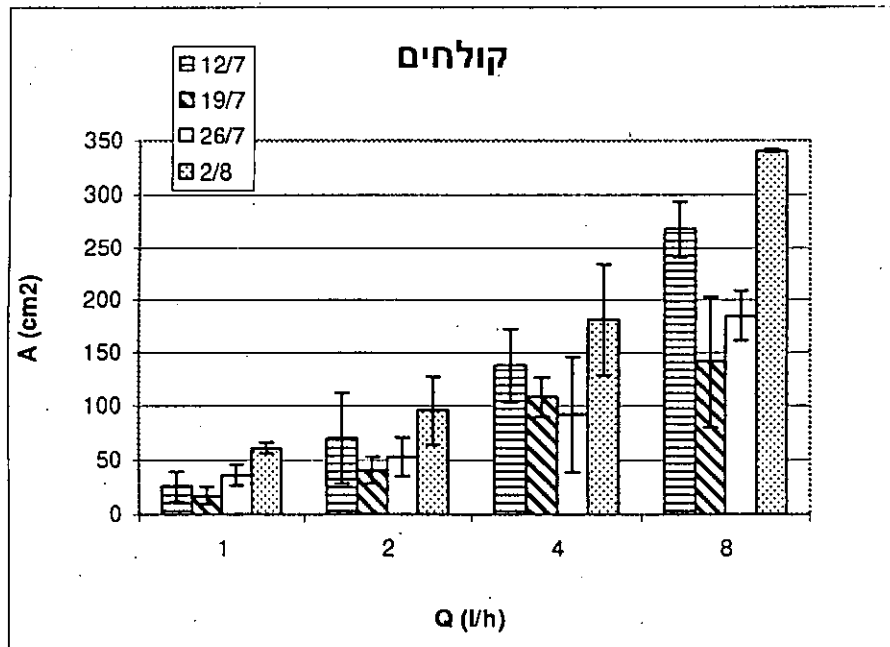
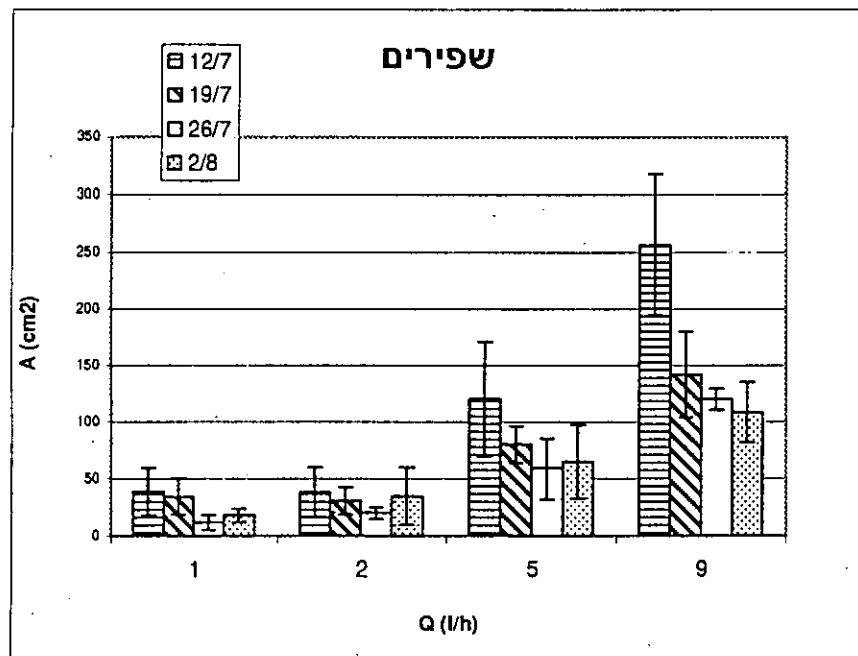


קולחים



איור 3



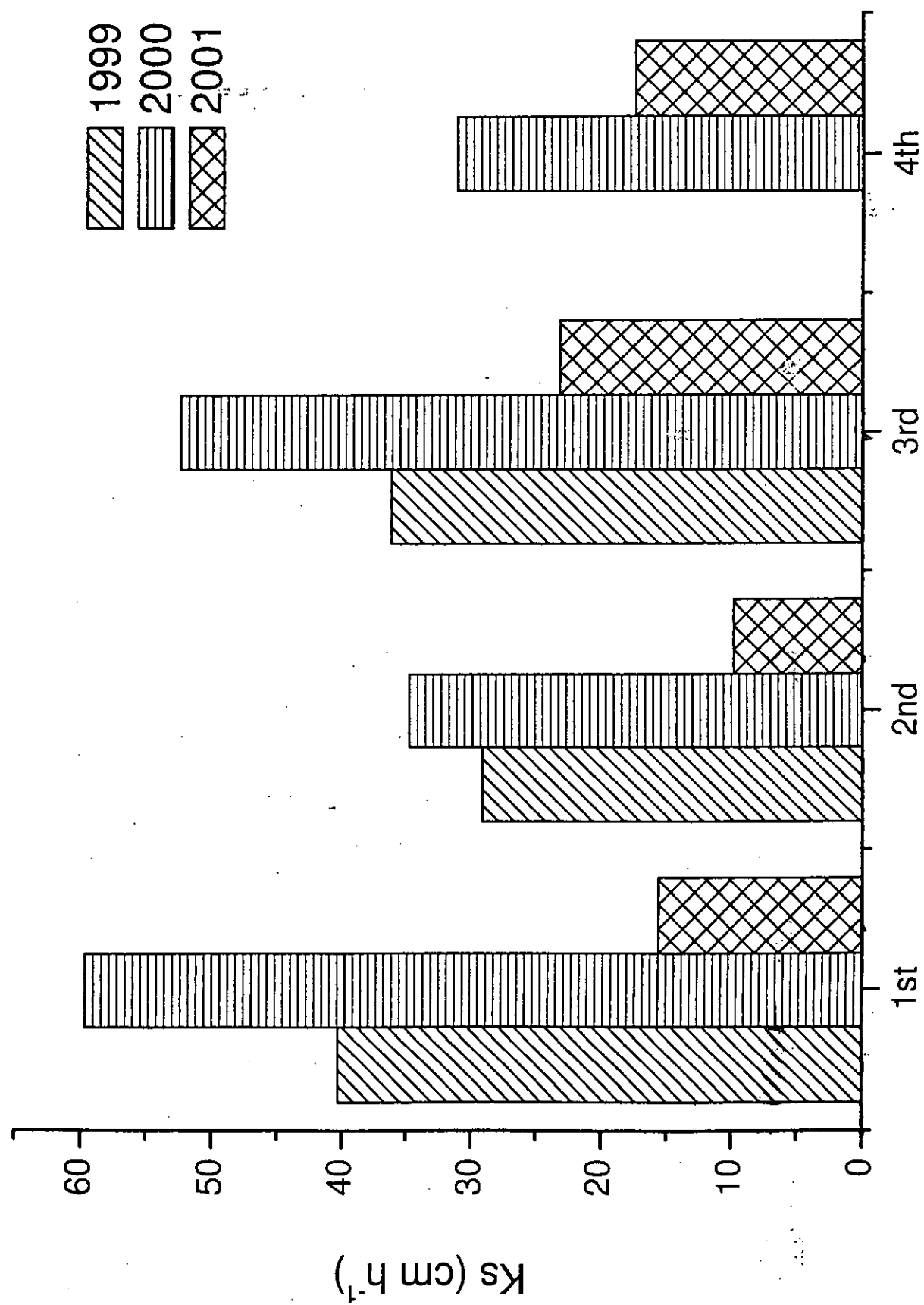




תמונה 17.1 הידרופוביות בקרקע מושקית קולחים בגבת



תמונה 17.2 הידרופוביות בקרקע מושקית קולחים בגבת



Ks determination during the irrigation season

18/11/06

