

**השפעת מועד זריעת צמחי האם על נביטה של זרעי קינואה**

אהרון בללי<sup>3\*</sup>, מרים דקלו-קרן<sup>1\*</sup>, וופא אבו-עקלין<sup>1\*</sup>, גלינה סידן<sup>1\*</sup>, רחל סוקולסקיה<sup>1\*</sup>, ליאור רובינוביץ<sup>2</sup>, אביב אשר<sup>2</sup>, אבישי לונדנדר<sup>2</sup>, אורית עמיר שגב<sup>3</sup>, אנה פרבר<sup>1</sup> ושמואל גלילי<sup>3</sup>

- 1- המעבדה לזרעים, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן, ישראל 50250.
- 2- מיגל-מו"פ צפון, ת.ד. 831, קריית שמונה, ישראל 11016.
- 3- המחלקה לירקות וגד"ש, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן, ישראל 50250.

\*-חמשות הכותבים הראשונים נחשבים כראשונים על המאמר.

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, מס' 202020

**תקציר**

קינואה (*Chenopodium quinoa* Willd), צמח חד שנתי ממשפחת הירבוזיים (Amaranthaceae) שבשנים האחרונות זכה לתשומת לב רבה ברחבי העולם בזכות היתרונות התזונתיים והבריאותיים שלו. גם בישראל בוחנים בשנים האחרונות את הפוטנציאל החקלאי של גידול קינואה כצמח דו תכליתי לזרעים ולמספוא. אחת הבעיות היכולות להוות צוואר בקבוק לגידול הקינואה בארץ הוא אחוז הנביטה נמוך של הזרעים מייצור מקומי שלא מאפשר קבלת עומד רצוי בשדה. מצב זה יכול לנבוע מכך שייצור הזרעים המתבצע בעונה אופטימלית לקבלת יבול גבוה אינו מתאים לייצור של זרעים לחקלאים. בעבודה זו בחנו את ההשפעה של מועדי זריעה של צמחי האם על אחוז הנביטה של זרעי קינואה. לשם כך, בדקנו את אחוז הנביטה של זרעי קינואה שנוצרו על צמחי האם שנוצרו ב- 8 מועדי זריעה מנובמבר 2018 ועד אוקטובר 2019. התוצאות הראו שלמועד הזריעה של צמחי האם ישנה השפעה על אחוז הנביטה של הזרעים. צמחי אם שנוצרו בין יולי לאוקטובר יצרו זרעים חיוניים יותר מאשר צמחי אם שנוצרו בנובמבר 2018. זרעים שנוצרו על צמחי אם שנוצרו בינואר לא נבטו כלל. מצב זה יכול לנבוע מהטמפרטורות חמות ששוררות בזמן מילוי הגרגרים של צמחי אם שנוצרו בנובמבר 2018. עוד הראנו שמשך הזמן מזריעה עד להבשלה מלאה בזריעות יולי-אוקטובר עמד על כ- 100 ימים, והיה קצר יותר מאשר בצמחים שנוצרו בנובמבר 2018 או בינואר 2019 שעמד על 173 ו- 155 ימים, בהתאמה. אנחנו מניחים שניתן יהיה לגדל קינואה לזרעים באזורים דרומיים כמו הערבה הדרומית, למרות שמועד הקציר של זריעות יולי-אוקטובר נמצא בתוך עונת הגשמים ויש חשש לקבלת נביטה של הזרעים בעודם על הצמח.

**מבוא**

הקינואה (*Chenopodium quinoa* Willd), היא צמח חד שנתי ממשפחת הירבוזיים (Amaranthaceae) השייך למין כף אווז. הקינואה משויכת גם לקבוצת צמחים המכונה פסאודו-דגניים אליהם משתייכים גם

מיני כף אווז נוספים, ירבוז וכוסמת (Cusack, 1984). הקינואה תורבתה כבר לפני 5,000 שנה באזור הרי האנדים בדרום אמריקה כמזון לבני אדם ומהווה מרכיב עיקרי במזונם של בני האינקה וצאצאיהם עד היום.

בשנים האחרונות הקינואה זכתה לתשומת לב רבה ברחבי העולם בגלל היתרונות התזונתיים והבריאותיים שלו, וגם בזכות זרעיו הטעימים והאיכותיים (Navruz-Varli and Sanlier, 2016). הדבר הבולט ביותר, הוא שחלבון הקינואה מכיל את כל חומצות האמינו החיוניות (חלבון מלא) וריכוז מינרלים גבוה של ברזל, סידן וזרחן (Wu et al., 2016). בשנים האחרונות התרחב ייצור הקינואה ברחבי העולם (Bazile et al., 2016). גם בישראל בוחנים בשנים האחרונות את הפוטנציאל החקלאי של גידול קינואה כצמח דו תכליתי לזרעים ולמספוא (אשר וחובריו, 2017, 2020). בעיה משמעותית בגידול קינואה בישראל היא אחוז הנביטה נמוך של הזרעים מייצור מקומי שלא מאפשר קבלת עומד רצוי בשדה. מצב זה יכול לנבוע מכך שייצור הזרעים המתבצע בעונה אופטימלית לקבלת יבול גבוה אינו מתאים לייצור של זרעים לחקלאיים. מועד הזריעה האופטימלי של קינואה בארץ הוא במהלך חודש ינואר (אשר וחובריו, 2017, 2020) וקציר במהלך החודשים יוני-יולי, כאשר ישנן טמפרטורות גבוהות יחסית בזמן מילוי הזרעים ועד הקציר. טמפרטורות גבוהות במהלך הפריחה ומילוי הזרעים יכולות להיות גורם משמעותי בהפחתת יבול הזרעים של הקינואה (Hinojosa et al., 2018). בעבודה זו בחנו את ההשפעה של מועדי זריעה של צמחי האם על אחוז הנביטה של זרעי קינואה.

## **חומרים ושיטות**

### **חומר צמחי**

החומר הצמחי ששימש בעבודה זו כלל זרעי קינואה מהזן Mint Vanilla שהתקבל מחברת Wild Garden Seeds, אורגון, ארה"ב בשנת 2017 (MV17) וב-2018 (MV18), וזרעים של קו זה שגודלו בחוות אבני איתן אשר נזרעו ב-8 מועדי זריעה (טבלה 1). בכל מועדי הזריעה, נזרעו הזרעים במזרעה ידנית, בערוגה באורך של 20 מ' וברוחב של 80 ס"מ, ב-4 שורות על ערוגה בעומד מתוכנן של 160 צמחים למ"ר, כאשר המרווח בין השורות עמד על 27 ס"מ. כל החלקות הושקו באמצעות טפטוף וקיבלו דישון אוראה לאורך עונת הגידול (כ-15 ק"ג/דונם), אשר ניתן באמצעות מערכת ההשקיה.

### **מבחן נביטה**

הניסוי נערך ב-6-12 חזרות, בכל חזרה 25 זרעים קינואה מהזן "Mint Vanilla". לשם כך, 50 זרעי קינואה (שתי חזרות) הונחו על שתי שכבות של נייר הנבטה, שהורטב קודם לכן במי ברז ונסחט לרמת הרטיבות הרצויה במעגלה, בעזרת פלסת ואקום המאפשרת פיזור אחיד של הזרעים על גבי נייר ההנבטה. שטח הנייר חולק לשניים, כאשר בכל צד הונחו 25 זרעים. לאחר מכן הזרעים כוסו בנייר הנבטה לח נוסף, והניירות גולגלו למעין גליל. כל גליל (2 חזרות) הוכנס לתוך שקית פוליאיתילן לשמירה על הלחות וכוסו בנייר כסף למניעת חדירת אור. לאחר מכן הועברו הגלילים לחדר גידול בטמפרטורות של 25 מעלות צלזיוס למשך 5 ימים בחושך. במהלך הגידול נספרו מידי יום מספר הזרעים שנבטו (זרע שהוציא שורשון באורך 2 מ"מ נחשב לזרע שנבט). בסיום הגידול נמדדו, בכל חזרה, האורך של כל נבט באופן פרטני ומשקל טרי של כל הנבטים.

## חישוב מדדי נביטה

בכל חזרה חושבו אחוז הנביטה בזמן נביטה ממוצע חושבו כפי שתואר על ידי (Daklo-Keren et al., 2018). עיבוד הנתונים ועריכת הגרפים נעשה בתוכנות Excel ו PowerPoint 2016 והניתוח הסטטיסטי, מבחן סטודנט t או תוכי קרמר, נעשה בתוכנת JMP 5.0

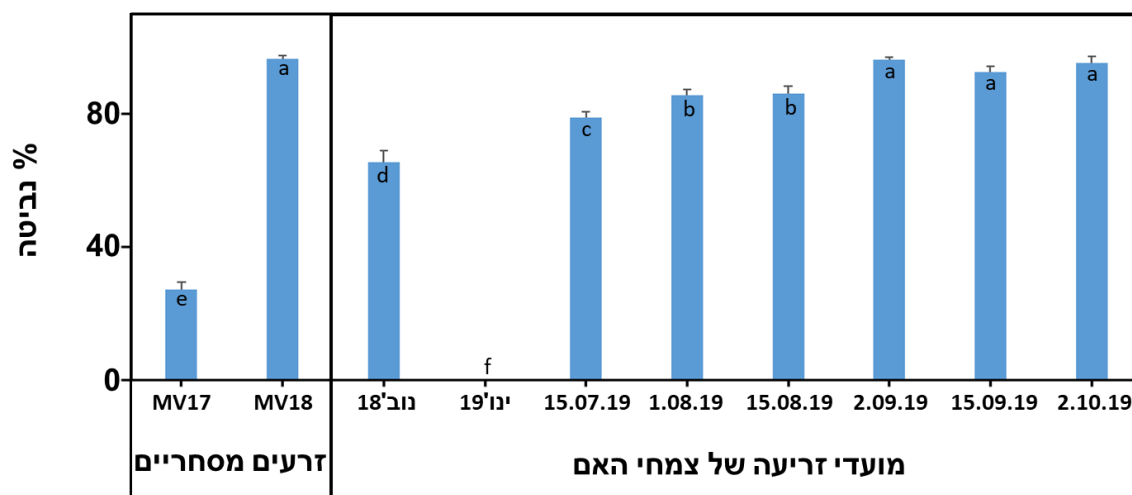
## תוצאות ודיון

השפעה של מועדי הזריעה של צמחי האם על מועד הקציר לזרעים מובא בטבלה 1. ניתן לראות מטבלה 1, שמשך הזמן מזריעה לקציר עמד על 93-106 ימים בצמחי אם שנזרעו בין 2.10.2019-15.07.2019, לעומת 173 ו 155 ימים בצמחי אם שנזרעו ב 20.11.2018 ו 13.01.2019, בהתאמה. מצב זה נובע כנראה מרגישות לאורך יום בתקופה של מילוי הזרעים (Christiansen et al., 2010). השפעת מועד זריעת צמחי האם על אחוז הנביטה של זרעי קינואה שנוצרו על צמחי אם שנזרעו בתאריכים שונים מובאת באיור 1. ניתן לראות מאיור 1 שזרעי קינואה המסחריים, שהיו זרעי המקור לעבודה זו, ונרכשו בשנת 2018 (MV18) נבטו ב- 97% בקרוב. לעומת זאת, אחוז הנביטה של זרעי קינואה מסחריים שנרכשו בשנת 2017 (MV17) ירד באופן מובהק ועמד על כ 30% בלבד. כיון ש % הנביטה של זרעים אלה (MV17) לאחר שנרכשו מהחברה עמד על כ 97% (נתונים לא מובאים), הירידה באחוז הנביטה של זרעים אלה יכולה לנבוע מירידה באיכות הזרעים במהלך האחסון. לכן, מומלץ לזרוע כל שנה זרעים חדשים. אחוז הנביטה של זרעים שנקצרו מצמחי האם שנזרעו בזריעות הקיציות בשנת 2019 (2.10.19-15.07.19) היה גבוה יותר באופן מובהק מאשר זרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו בזריעת נובמבר 2018. לא הייתה נביטה כלל של זרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו בינואר 2019. בצמחי אם שנזרעו בין 2.10.19-15.07.19 ישנה התאמה בין מועד הזריעה ובין אחוז הנביטה. ככל שמועד הזריעה של צמחי האם היה מאוחר יותר, כך אחוז הנביטה היה גבוה יותר. אחוז הנביטה של זרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו במועדי זריעה 4, 5 ו 6 (2.09, 15.09 ו 2.10, בהתאמה) עמד על 93-96% ולא נבדל באופן מובהק מ אחוז הנביטה של הזרעים המסחריים שנרכשו בשנת 2018 (MV18). לעומת זאת, אחוז הנביטה של זרעים שנקצרו במועדי זריעה 1-3 (15.07, 1.08, ו 15.08, בהתאמה) עמד רק 79-87% והיה נמוך באופן מובהק מ אחוז הנביטה שהתקבל של זרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו במועדי זריעה 4, 5, 6 והקו המסחרי MV18. אחוז הנביטה של כל הזרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו בין 2.10.19-15.07.19 היה גבוה באופן מובהק מאחוז הנביטה של זרעים שנקצרו מצמחי אם שנזרעו בנובמבר 2018 שעמד על 69% בלבד. מצב זה יכול לנבוע מהטמפרטורות הגבוהות ששרו בחלקת הניסוי בזמן הקציר (Hinojosa et al., 2018) (איור 2). ניתן להבחין מאיור 2 בקשר מגמתי בין טמפרטורות ששרו במועד הקציר ובין אחוז הנביטה. ככל שהטמפרטורות בתקופת מילוי הזרעים (כחודש לפני מועד הקציר) היו נמוכות יותר, אחוזי הנביטה היו גבוהים יותר. רוב המחקרים העוסקים בהשפעת עקת חום בקינואה מתמקדים באפיון יכולת הנביטה של הזרעים בטמפרטורות גבוהות, וכמעט שלא נעשו עבודות של השפעת החום בשלבים פנולוגיים אחרים (Hinojosa et al., 2018). טמפרטורות מעל 35 מעלות צלזיוס בזמן הפריחה ומילוי הזרעים גורמות לפגיעה של ייצור הזרעים או לקבלת זרעים ריקים (Peterson and Murphy, 2015; Walters et al., 2016). כמו כן, טמפרטורות גבוהות עשויות לפגוע באיכות האבקה במיוחד כאשר הלחות היחסית באוויר נמוכה (Hinojosa et al., 2018). אחת הבעיות של ייצור זרעים מחוץ לעונה היא שהזרעים יקצרו בתוך עונת הגשמים ועלולה להתרחש נביטה של הזרעים

בעודם על הצמח. כדי להתגבר על הבעיה ניתן יהיה לגדל קינואה לזרעים באזורים דרומיים כמו למשל הערבה הדרומית.

טבלה 1. מועדי הזריעה, מועדי קציר וימים לקציר של צמחי האם באבני איתן.

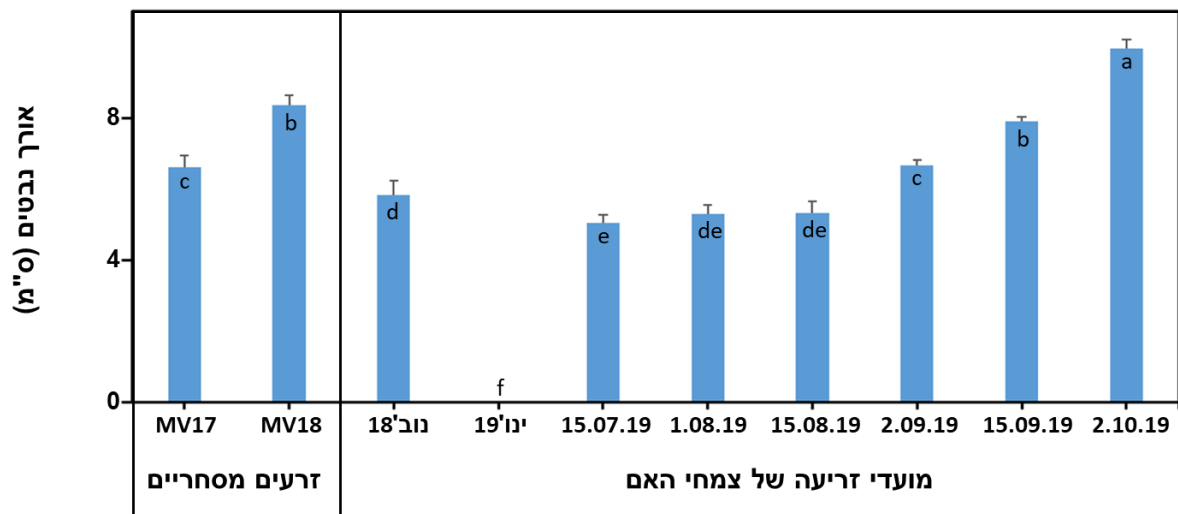
ימים לקציר	מועד קציר	מועד זריעה	טיפול
173	12.05.2019	20.11.2018	נוב 18
155	17.06.2019	13.01.2019	ינוי 19
100	23.10.2019	15.07.2019	מועד 1
98	6.11.2019	1.08.2019	מועד 2
103	26.11.2019	15.08.2019	מועד 3
93	4.12.2019	2.09.2019	מועד 4
101	24.12.2019	15.09.2019	מועד 5
106	16.01.2020	2.10.2019	מועד 6



איור 1. השפעת מועד הזריעה של צמחי האם על אחוז הנביטה של זרעי קינואה מזן Mint Vanilla. MV17 ו MV18 מייצגים זרעי המקור כפי שהתקבלו מחברת Wild Garden Seed, אורגון, ארה"ב בשנת 2017 ו 2018, בהתאמה. ממועדי זריעה של צמחי האם הם כפי שמתואר בטבלה 1. התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מ 6-12 חזרות בנות 25 זרעים כ"א. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים  $P < 0.05$  שהתקבלו בעזרת מבחן סטודנט t.



נתוני אורך נבט ממוצע של זרעי קינואה שנוצרו מצמחי אם שזרעו בתאריכים שונים מובאים באיור 4. ניתן לראות מאיור 4 שאורך נבט ממוצע של זרעי הקינואה נע בין 5.1-10 ס"מ. אורך הנבט הממוצע שהתקבלו על צמחי אם שזרעו ב 2.10.19 היה הארוך ביותר (10 ס"מ) והוא היה ארוך באופן מובהק מכל שאר הטיפולים, וגם מהאורך הנבט הממוצע של הקו המסחרי (MV18) שעמד על כ 8.4 ס"מ. אורך הנבט הממוצע של הקו המסחרי MV18 היה כמעט זהה לאורך הממוצע של אותו קו (8.8 ס"מ) שהתקבל בעבודה קודמת (סידן וחובריו, 2019). אורך הנבט הממוצע של זרעי קינואה שנוצרו על צמחי אם שזרעו קודם לכן התקצר באופן מובהק ל 7.9 ס"מ בצמחי אם שזרעו ב 15.09, ולכ 5.1-6.7 ס"מ בזרעי שנוצרו על צמחי אם שזרעו בין 15.07-2.09 ובזרעים שנוצרו על צמחי אם שזרעו בנובמבר 2018.



איור 4. השפעת מועד הזריעה של צמחי האם על אורך נבט ממוצע של זרעי קינואה מין Mint Vanilla. MV17 ו MV18 מייצגים זרעי המקור כפי שהתקבלו מחברת Wild Garden Seed, אורגון, ארה"ב בשנת 2017 ו 2018, בהתאמה. ממועדי זריעה של צמחי האם הם כפי שמתואר בטבלה 1. התוצאות מייצגות ממוצע ושגיאת תקן שהתקבלו מ 6-12 חזרות בנות 25 זרעים כ"א. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים  $P < 0.05$  שהתקבלו בעזרת מבחן תוכי קרמר.

לסיכום, בעבודה זו הראנו שלמועד הזריעה של צמחי האם ישנה השפעה על אחוז הנביטה של הזרעים. צמחי אם שזרעו במהלך יולי-אוקטובר יצרו זרעים חיוניים יותר מאשר זרעים שנוצרו על צמחי אם שזרעו בנובמבר 2018. זרעים שנוצרו על צמחי אם שזרעו בינואר 2019 לא נבטו כלל. מצב זה יכול לנבוע מהטמפרטורות חמות ששוררות בשלב מילוי הגרגרים בצמח. עוד הראנו שמשך הזמן מזריעה עד להבשלה מלאה בזריעות יולי-אוקטובר היה כ 100 ימים, והוא היה קצר יותר מאשר צמחים שזרעו ינואר או בנובמבר שעמד על 155 ו 173 ימים, בהתאמה. אנחנו מניחים שניתן יהיה לגדל קינואה לזרעים באזורים דרומיים כמו הערבה הדרומית, למרות שמועד הקציר של זריעות יולי-אוקטובר נמצא בתוך עונת הגשמים וקיים סיכון לנביטה של הזרעים בעודם על הצמח.

## מקורות

Asher, A., Galili, S., Whitney, T. and Rubinovich L. (2020). The potential of quinoa

(*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. Scientia Horticulturae. In press.

Bazile, D., Jacobsen, S.-E., and Verniau, A. (2016). The global expansion of quinoa: Trends and limits. Frontiers in Plant Science, 7, 622.

Christiansen, J. L., Jacobsen, S-E. and Jorgensen, S. T. (2010). Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Acta Agric Scand 60: 539–544.

Cusack, D. F. (1984). Quinoa: grain of the Incas. Ecologist 14:21–31.

Daklo-KerenT, M., Abu-Aklin, W., Cohen, O., Berger, V., Sidan, G., Bellalou, A., Amir. Segev, O., Hovav, R. and Galili, S.(2018) . The effects of several types of induced abiotic stress on *Cephalaria joppensis* germination under controlled conditions American J. Plant Sci. 9: 1486-1499.

Hinojosa, L., Gonzalez, J.A., Barrios-Masias, F.H., Fuentes, F. and Murphy, K. (2018). Quinoa abiotic stress responses: a review. Plants 7, 106

Navruz-Varli, S. and Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Cereal Science, 69, 371–376.

Peterson, A. and Murphy, K. (2015). Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity. Crop Science, 55, 331–338.

Walters H., Carpenter-Boggs L., Desta K., Yan L., Matanguihan J. and Murphy K. (2016). Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. Agroecology and Sustainable Food Systems 40:783–803.

Wu, G., Peterson, A. J., Morris, C. F. and Murphy, K. M. (2016). Quinoa seed quality response to sodium chloride and sodium sulfate salinity. Frontiers in Plant Science, 7, 790.

אשר, א., רובינוביץ, ל., סדן, א. וגלילי, ש. (2017). בחינת פוטנציאל צמח הקינואה כגידול פלחה חורפי חדש. ניר ותלם 75 : 22-28.

סידן, ג., סוקולסקיה, ר., דקלו קרון, מ., אבו-עקלין, ו., רובינוביץ, ל., אשר, א., בללו, א., עמיר שגב, א. וגלילי, שמואל. (2019). אפיון של גורמים שונים על נביטת קינואה בתנאים מבוקרים. ניר ותלם. (מאמר

אלקטרוני) <https://falcha.co.il/wp-content/uploads/2019/10/%D7%90%D7%A4%D7%99%D7%95%D7%9F-%D7%A9%D7%9C-%D7%92%D7%95%D7%A8%D7%9E%D7%99%D7%9D-%D7%A9%D7%95%D7%A0%D7%99%D7%9D-%D7%A2%D7%9C-%D7%A0%D7%91%D7%99%D7%98%D7%94-%D7%A9%D7%9C-%D7%A7%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%90%D7%94-%D7%91%D7%AA%D7%A0%D7%90%D7%99%D7%9D-%D7%9E%D7%91%D7%95%D7%A7%D7%A8%D7%99%D7%9D-%D7%9E%D7%A6%D7%95%D7%9E%D7%A6%D7%9D-%D7%A1%D7%95%D7%A4%D7%99.pdf>