

Effect of Methanol Spraying on some Morphophysiological Characteristics, Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Drought Stress Conditions

Hamed Javadi^{1*} , Seyyed Gholam Reza Moosavi², Mohammad Javad Seghatoleslami³, Ali Reza Ebrahimi⁴, Mohammad Kozegar⁵

- 1- Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU), Iran
- 2- Associate Professor, Agricultural, Medicinal Plants and Animals Sciences Research Center, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
- 3- Associate Professor, Agricultural, Medicinal Plants and Animals Sciences Research Center, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
- 4- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
- 5- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

Citation: Javadi, H., Moosavi, S. Gh. R., Seghatoleslami, M. J., Ebrahimi, A. R., & Kozegar, M. (2022). Effect of methanol spraying on some morphophysiological characteristics, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. *Plant Productions*, 45(1), 29-40.

Abstract

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the five important oil plants of Iran. Water deficit stress is one of the most important limiting factors in sunflower cultivation. Methanol is used to deal with environmental stresses, especially dehydration. Preventing or reducing light respiration, delaying leaf senescence, increasing photosynthetic activation period and leaf area duration index and increasing CO₂ fixation are among the roles of methanol application in plants. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of methanol spraying on some morphophysiological characteristics, yield and yield components of sunflower under drought stress conditions.

Materials and Methods

This field experiment was conducted as a split plot based on randomized complete block design with three replications in Birjand, Iran, in 2017. The main plots included two irrigation levels (irrigation after 80 and 160 mm evaporation from class A pan). On the other hand, the sub-plots

* Corresponding Author: Hamed Javadi
E-mail: h_javadi@pnu.ac.ir



included five levels of methanol spraying; control (spraying with water), 7, 14 and 21% v/v. Statistical analysis was performed using MSTATC software. Duncan's multiple range test at the 5% level of probability was used to compare the means.

Results and Discussion

Results showed that deficit irrigation reduced stem diameter, number of grains per head and kernel/husk weight ratio. Methanol spraying also increased the number of grains per head. Also, methanol spraying improved most of the studied traits under two irrigation treatments. So that under drought stress conditions, foliar application with 28% volumetric methanol increased plant height (9.9%), stem diameter (5%) and leaf number per plant (14.7%). Compared with control, foliar application with 14% and 21% volumetric methanol increased SPAD by 8% and 34.7%, respectively and also, increased 1000-grain weight (12%), grain yield (27.9%) and biological yield (23.4%). According to the results, under optimum irrigation conditions, maximum sunflower grain yield was obtained with 28% volumetric methanol spraying, but under drought stress conditions, spraying with 21% volume methanol was the best one.

Conclusion

The results showed that foliar application of methanol under optimum and also deficit irrigation conditions did not affect the percentage and yield of sunflower oil seed, but increased grain yield. Maximum grain yield under optimum irrigation was obtained with 28% volumetric spraying, which was 27% more than control. Also, the results showed that under arid and semi-arid conditions of Birjand, deficit irrigation with using methanol (21% volumetric) produces acceptable grain yield.

Keywords: SPAD, Oil percentage, Stomatal conductance



تأثیر محلول پاشی متانول بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش کم آبی

حامد جوادی^{۱*}، سید غلامرضا موسوی^۲، محمد جواد ثقه الاسلامی^۳، علیرضا ابراهیمی^۴، محمد کوزه گر^۵

۱- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۳- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی متانول و تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم پروگرس، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی خراسان جنوبی در بیرجند به صورت کرت های خرد شده در قالب پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دو سطح تنش کم آبی شامل: آبیاری مطلوب (۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک) و تنش کم آبی (۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک) به عنوان عامل اصلی و پنج سطح محلول پاشی متانول شامل: محلول پاشی با آب (شاهد)، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ درصد حجمی به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش کم آبی قطر ساقه، تعداد دانه در طبق و نسبت وزن مغز به پوست دانه را کاهش داد. محلول پاشی متانول نیز باعث افزایش تعداد دانه در طبق شد. همچنین، محلول پاشی متانول موجب بهبود اکثر صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی شد. به طوری که در شرایط تنش کم آبی محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی موجب افزایش ارتفاع بوته (۹/۹ درصد)، قطر ساقه (۵ درصد)، تعداد برگ در بوته (۱۴/۷ درصد) و محلول پاشی با متانول ۱۴ درصد حجمی موجب افزایش عدد کلروفیل متر (۸ درصد) و محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی موجب افزایش هدایت روزنه ای (۳۴/۷ درصد)، وزن هزار دانه (۱۲ درصد)، عملکرد دانه (۲۷/۹ درصد) و عملکرد زیستی (۲۳/۴ درصد) نسبت به شاهد (محلول پاشی با آب) شد. بر اساس نتایج این آزمایش، حداکثر عملکرد دانه آفتابگردان در منطقه بیرجند با محلول پاشی متانول ۲۸ درصد حجمی و در شرایط آبیاری مطلوب به دست آمد، اما در شرایط تنش کم آبی، محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی جهت جلوگیری از کاهش عملکرد دانه در این منطقه مناسب بود.

کلیدواژه ها: درصد روغن، عدد کلروفیل متر، هدایت روزنه ای

* نویسنده مسئول: حامد جوادی

رایانامه: h_javadi@pnu.ac.ir



مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از پنج گیاه روغنی مهم ایران بوده که به دلیل متحمل بودن در برابر تنش خشکی اهمیت زیادی دارد (Zareei, 2018). یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی، کمبود آب است (Javadi et al., 2021). تنش کم‌آبی به‌عنوان یکی از مؤثرترین عوامل محدودکننده رشد در آفتابگردان است (Khalilvand Behrouzfar and Yarnia, 2014). پژوهش‌های متعدد نشان داد که با افزایش کم‌آبی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان کاهش یافت (Seyed Sharife and Seyed Sharife, 2019; Moradi Ghahderijani et al., 2015; Gholinezhad and Darvishzadeh, 2018). در تحقیقی، بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن دانه آفتابگردان از تخلیه ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک حاصل شد (Jami et al., 2018a).

از جمله راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات خشکی، کاهش تعرق و تنفس نوری و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه است (Amraei et al., 2017). استفاده از موادی مانند متانول با خواص تعدیل‌کنندگی تنش می‌تواند تا حدی جبران‌کننده کاهش عملکرد حاصل از خشکی باشد (Downie et al., 2004). برخی تحقیقات در سال‌های اخیر نشان داده است که متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان سه کربنه محسوب می‌شود. جلوگیری و یا کاهش تنفس نوری ناشی از تنش‌های القاء‌شده به گیاهان، تأخیر در پیری برگ‌ها و افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ و افزایش تثبیت CO_2 از جمله نقش‌های کاربرد متانول در گیاهان می‌باشد (Ramirez et al., 2006). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول پاشی متانول روی بوته‌هایی که تحت شرایط کمبود آب قرار داشتند، باعث افزایش زیست‌توده آن‌ها می‌شود (Zbiec et al., 2003). در برخی گزارش‌ها به تأثیر مثبت محلول پاشی متانول بر عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی اشاره شده است (Seyed Sharife and Seyed Sharife, 2019; Khalilvand and Behrouzfar and Yarnia, 2014).

با توجه به موارد فوق، این تحقیق به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی متانول بر برخی خصوصیات

مورفوفیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی در منطقه بیرجند انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی خراسان جنوبی در ۱۸ کیلومتری جاده بیرجند-خوسف اجرا شد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک است. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۵۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه خاک، منطقه مورد نظر در جدول ۱ آمده است.

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دو سطح تنش کم‌آبی شامل بدون تنش کم‌آبی (۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) و تنش کم‌آبی (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح محلول پاشی متانول شامل: محلول پاشی با آب (شاهد)، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ درصد حجمی به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل ۴ خط کاشت به طول ۷ متر و با فاصله ردیف ۰/۶ متر و فاصله نهایی بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۸۳۳۳۳/۳ بوته در هکتار) بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی و یک‌سوم در مرحله ظهور غنچه گل) مصرف شد (Jami et al., 2018 a) و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به‌صورت قبل از کاشت داخل زمین پخش و با خاک مخلوط شد. کاشت آفتابگردان در تاریخ اول خردادماه انجام شد. بذر مورد استفاده آفتابگردان رقم پروگرس بوده که جزء ارقام روغنی، دیررس و آزادگرده افشان می‌باشد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت. پس از استقرار کامل گیاه، جهت اعمال تیمارهای آبیاری داده‌های میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A از اداره هواشناسی بیرجند اخذ و بر اساس آن تیمارهای آبیاری برای هر کرت محاسبه و با کمک سیستم تحت فشار و توسط شیلنگ و کنتور اعمال شد. محلول پاشی متانول در سه نوبت و به فاصله ۱۵ روز در تاریخ‌های ۲۱ تیر، ۵ مرداد و ۲۰ مرداد

Table 1. Results of soil analysis at 0-30 cm depth

Texture soil	EC ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	pH	OM (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
Loam- clay	2.23	8.47	0.12	0.011	4.09	231.5

با استفاده از حلال پترولیوم اتر اندازه‌گیری شد (Asghari and Gharibi Asl, 2016). عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن به دست آمد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام پذیرفت. در صورت معنی‌دار شدن برهمکنش، مقایسه میانگین سطوح متانول در هر سطح آبیاری بر پایه روش برش‌دهی فیزیکی انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول بر عدد کلروفیل متر معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط تنش کم‌آبی محلول‌پاشی با متانول ۱۴ درصد حجمی موجب افزایش ۸ درصدی عدد کلروفیل متر نسبت به شاهد شد (جدول ۳). در تحقیقی، محلول‌پاشی با متانول موجب افزایش شاخص کلروفیل در گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شد (Sayed Sharife and Seyed Sharife, 2019). کاهش در محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی به دلیل افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است که موجب پراکسیداسیون و تجزیه این رنگدانه‌ها می‌شوند. محلول‌پاشی متانول از طریق افزایش غلظت CO_2 درون سلولی و کاهش تنفس نوری، پراکسید هیدروژن تولیدشده در پراکسی زوم را کاهش داده و لذا صدمات وارده بر کلروفیل کاهش می‌یابد (Simova- Stoilova et al., 2008).

اثر تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی متانول و برهمکنش آن‌ها بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۲). محلول‌پاشی با متانول ۱۴ درصد حجمی در شرایط آبیاری مطلوب باعث افزایش ۴۹/۶ درصدی هدایت روزنه‌ای نسبت به شاهد شد. همچنین در شرایط تنش کم‌آبی محلول‌پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی موجب

۱۳۹۶ انجام شد (Esfini Farahani et al., 2013). در هر نوبت محلول‌پاشی، شاهد نیز با آب معمولی محلول‌پاشی شد. متانول مورد استفاده از شرکت کیمیاگران تهیه شده دارای خلوص ۹۹ درصد بود. محلول‌پاشی در ساعات خنک بعد از ظهر (۱۶ تا ۲۰) و در روزهای تعیین شده فوق‌الذکر توسط سم‌پاش موتوری پشتی که دارای حجمی حدود دوازده لیتر بود، انجام شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز طی سه نوبت با دست انجام شد. در طول فصل رشد آفت و بیماری خاصی مشاهده نگردید.

جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و قطر طبق، تعداد ۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها ثبت شد. همچنین، جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک شامل عدد کلروفیل متر، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ، بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ روز قبل از اعمال تیمارهای آبیاری، تعداد ۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری‌های مورد نظر انجام شد. جهت اندازه‌گیری عدد کلروفیل متر از دستگاه کلروفیل متر SPAD-502 (Minolta) در آخرین برگ توسعه یافته، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ از دستگاه پرومتر برگ ساخت دکاگون دیوایس مدل SC-1 استفاده شد.

به منظور تعیین اجزاء عملکرد، ۴ بوته به طور تصادفی و با رعایت اثرات حاشیه‌ای مشخص و اجزاء عملکرد و نیز صفات عملکرد زیستی و شاخص برداشت محاسبه شد. جهت تعیین عملکرد دانه، طبق‌های دو ردیف میانی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (قهوه‌ای شدن طبق‌ها) پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای کرت، برداشت و پس از خرمن‌کوبی و بوجاری، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد، سپس عملکرد دانه بر مبنای ۱۲ درصد رطوبت تعیین گردید.

جهت تعیین درصد روغن، نمونه‌های حاصل از بذور بوجاری شده هر کرت در آزمایشگاه با روش سوکسله و

افزایش ۲/۲ برابری هدایت روزنه‌ای نسبت به شاهد شد (جدول ۳). در تحقیقی مشخص شد که تنش خشکی موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در سویا شد و محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی این صفت را بهبود بخشید (Esazadeh Panjali Kharabasi et al., 2017). افزایش هدایت روزنه‌ای در اثر محلول پاشی با متانول، احتمالاً به دلیل افزایش ورود یون پتاسیم به داخل سلول‌های محافظ روزنه و افزایش فشار آماس سلولی باشد (Zbiec and Podsiad, 2003).

صفت مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش کم‌آبی، محلول پاشی متانول و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب محلول پاشی در تمامی سطوح متانول نسبت به شاهد موجب افزایش ارتفاع بوته آفتابگردان شد. در شرایط تنش کم‌آبی نیز محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی موجب شد ارتفاع بوته نسبت به شاهد ۹/۹ درصد افزایش یابد (جدول ۳). در تحقیقی، محلول پاشی متانول باعث بهبود ارتفاع گیاه آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی شد (Khalilvand Behrouzfar and Yarnia, 2014). تنش کم‌آبی از طریق کاهش فشار آماس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها موجب کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Baghalian et al., 2011). محلول پاشی متانول با افزایش تولید سایتوکینین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاهان تیمار شده را موجب می‌شود (Amraei et al., 2017). در این تحقیق، در شرایط تنش کم‌آبی محلول پاشی با متانول از طریق افزایش عدد کلروفیل متر و هدایت روزنه‌ای موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت افزایش ارتفاع گیاه شد (جدول ۳). نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته و عدد کلروفیل متر ($r=0/77$) و هدایت روزنه‌ای ($r=0/84$) وجود داشت (جدول ۴).

اثر تنش کم‌آبی بر قطر ساقه معنی‌دار بود، اما اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر این صفت معنی‌دار نبود

(جدول ۲). قطر ساقه در شرایط تنش کم‌آبی ۱۷ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت (جدول ۵). به نظر می‌رسد که تنش کم‌آبی از طریق تسریع در پیری برگ‌ها موجب کاهش فتوسنتز و تولید اسیمیلات شده و انتقال مجدد از ساقه را افزایش می‌دهد لذا مواد موجود در ساقه به دانه منتقل شده و قطر ساقه کاهش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش قطر ساقه، کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی (جدول ۳) می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قطر ساقه و هدایت روزنه‌ای ($r=0/9$) گواه این مطلب است (جدول ۴).

اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار بود، اما اثر تنش کم‌آبی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی به ترتیب موجب افزایش ۱۴/۷۵ و ۱۴/۷۷ درصدی تعداد برگ در بوته آفتابگردان نسبت به شاهد شد (جدول ۳). در تحقیقی که بر روی سویا انجام گرفت علت افزایش تعداد برگ در اثر محلول پاشی متانول تأخیر در پیری برگ‌ها و فعالیت فتوسنتزی بیشتر گزارش شد (Mirakhori et al., 2010).

اثر تنش کم‌آبی بر قطر طبق معنی‌دار بود، اما اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر قطر طبق معنی‌دار نبود (جدول ۲). قطر طبق در شرایط تنش کم‌آبی ۳۷/۸ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مطالعات متعددی بیانگر کاهش قطر طبق آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد (Soleymani and Ahmadvand, 2016; Yadollahi et al., 2017). احتمالاً کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی در شرایط تنش کم‌آبی را بتوان علت کاهش معنی‌دار قطر طبق دانست.

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش کم‌آبی و اثر محلول پاشی متانول بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود، اما برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در شرایط

Table 2. Mean squares of the effect of methanol foliar application on some morphophysiological and agronomic characteristics of sunflower under water deficit stress conditions

S. O. V.	df	SPAD	Stomatal Conductance	Plant height	Stem diameter	Number of leaves per plant	Head diameter	Number of seed in head	1000 seed weight	Seed yield	Biological yield	Harvest index	ratio of nut to seed coat	Oil percentage	Oil yield
Replication	2	0.5 ^{ns}	2.9 ^{ns}	55 ^{ns}	0.4 ^{ns}	24.7 ^{ns}	1.4 ^{ns}	8227 ^{ns}	234 ^{ns}	48528 ^{ns}	4814311 ^{ns}	36.3 ^{ns}	3.7 ^{ns}	243.2 ^{ns}	281611 ^{ns}
Water deficit stress (A)	1	12.4 ^{**}	11453.9 ^{**}	8944.1 ^{**}	75.4 ^{**}	19.2 ^{ns}	108.4 [*]	136576 [*]	435 [*]	8385827 [*]	226632031 ^{**}	373.4 ^{ns}	0.7 ^{**}	14.9 ^{ns}	1384900 ^{ns}
Error a	2	0.5	30.8	6.4	0.9	3.1	6.1	8009	12	531556	8583549	66.9	0.002	33.5	330170
Methanol (B)	4	3.6 ^{**}	523 ^{**}	176.2 ^{**}	0.7 ^{ns}	5.9 ^{**}	1.5 ^{ns}	24301 ^{**}	34 ^{ns}	587983 ^{**}	4173344 [*]	2.9 ^{ns}	0.2 ^{ns}	2.9 ^{ns}	88037 ^{ns}
A×B	4	4.4 ^{**}	1815.8 ^{**}	121.55 [*]	7.4 ^{ns}	5.6 ^{**}	2.3 ^{ns}	8124 ^{ns}	114 ^{**}	870060 ^{**}	4869724 [*]	4.4 ^{ns}	0.1 ^{ns}	3.6 ^{ns}	178160 ^{ns}
Error b	16	0.4	11.4	41.5	2.6	1.1	2.5	4142	16	70602	2271680	5.9	0.1	10.9	65888
CV (%)	2	4.5	4.4	9.5	9.5	5.4	13.3	11	6.6	8.7	15.3	7.6	15.3	8.4	21.4

^{**}, ^{*} and ^{ns} are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively.

Table 3. Mean comparison of interaction between water deficit stress and methanol foliar application on some morphophysiological and agronomic characteristics of sunflower

Treatment	SPAD	Stomatal Conductance (Mm. m ² .s ⁻¹)	Plant height (cm)	Number of leaves per plant	1000 seed weight (g)	Seed yield (kg. ha ⁻¹)	Biological yield (kg. ha ⁻¹)
M ₀	35.30 a	79.80 d	150.0 b	20.33 b	70.16 a	3298.61 bc	12244.00 bc
M ₁	35.63 a	104.19 b	167.3 a	21.33 ab	64.33 a	3798.61 ab	12861.97 b
S ₁ M ₂	35.40 a	119.44 a	166.0 a	19.33 b	70.16 a	3449.07 bc	12325.43 ab
M ₃	35.16 a	89.12 c	157.6 a	19.66 b	64.06 a	3074.07 bc	12342.88 ab
M ₄	36.60 a	96.80 c	164.6 a	23.33 a	65.93 a	4171.29 a	14113.53 a
M ₀	33.06 b	39.75 c	124.0 bc	18.00 b	58.13 bc	2511.57 abc	7114.21 ab
M ₁	33.40 b	40.80 c	118.3 c	18.33 b	51.60 d	2025.46 c	5862.65 c
S ₂ M ₂	35.73 a	46.73 c	130.0 b	19.00 ab	56.06 c	1912.04 c	5517.61 cd
M ₃	33.93 b	88.81 a	124.3 bc	20.00 ab	65.10 a	3212.96 a	8784.12 a
M ₄	33.53 b	60.87 b	136.3 a	20.66 a	59.66 ab	2842.59 ab	8123.96 b

Means with the same letter in each column are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

M₀, M₁, M₂, M₃ and M₄ methanol spraying at control (0), 7, 14, 21 and 28 Volume percentage, respectively.

Table 4. Correlation coefficients between studied traits of sunflower

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1														
2	0.87**	1													
3	0.64 *	0.53	1												
4	-0.84 **	-0.80**	-0.56	1											
5	0.77 **	0.55	0.64 *	-0.78**	1										
6	0.84 **	0.90 **	0.57	-0.69*	0.61	1									
7	0.06	0.06	0.10	-0.19	0.23	0.36	1								
8	-0.67 *	-0.66 *	-0.11	0.78**	-0.60	-0.65*	-0.28	1							
9	0.73 *	0.90 **	0.49	-0.74*	0.53	0.85**	0.17	-0.63*	1						
10	0.81 **	0.85 **	0.82 **	-0.73*	0.56	0.85**	0.14	-0.47	0.81**	1					
11	0.92 **	0.93 **	0.71**	-0.86**	0.67*	0.87**	0.09	-0.58	0.84**	0.93**	1				
12	0.91 **	0.83 **	0.52	-0.82**	0.67*	0.73*	0.05	-0.55	0.64*	0.68*	0.89**	1			
13	-0.66*	-0.69*	-0.24	0.48	-0.58	-0.75*	-0.20	0.55	-0.68*	-0.41	-0.54	-0.59	1		
14	-0.56	-0.82**	-0.30	0.49	-0.24	-0.79**	-0.13	0.47	-0.93**	-0.71*	-0.71*	-0.50	0.61	1	
15	-0.72 *	-0.78**	-0.28	0.79**	-0.56	-0.81 **	-0.39	0.93**	-0.78**	-0.69*	-0.72*	-0.58	0.55	0.67*	1
Ratio of nut to seed coat	(13)			Seed yield	(10)		Leaf temperature	(7)		Head diameter	(4)		Plant height	(1)	
Oil percentage	(14)			Biological yield	(11)		Number of seed in head	(8)		SPAD	(5)		Stem diameter	(2)	
Oil yield	(15)			Harvest index	(12)		1000 seed weight	(9)		Stomatal Conductance	(6)		Number of leaves per plant	(3)	

** , * and ^{ns} are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively.

Table 5. Mean comparison of effect of water deficit stress on stem diameter, head diameter, number of seed in head and ratio of nut to seed coat of sunflower

Ratio of nut to seed coat	Number of seed in head	Head diameter (cm)	Stem diameter (mm)	Treatment
2.29 a	650.63 a	13.87 a	18.55 a	S ₁
1.96 b	515.37 b	10.06 b	15.38 b	S ₂

Means with the same letter in each column are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

S₁ and S₂: water deficit stress at 80 and 160 mm evaporation form pot, respectively.

محلول پاشی متانول از طریق افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در بافت‌های فتوسنتزکننده موجب افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، افزایش سرعت و میزان فتوسنتز و کاهش تنفس نوری شده (Ramirez et al., 2006) و در نهایت موجب افزایش وزن هزار دانه شده باشد. از طرف دیگر، در شرایط تنش کم‌آبی محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی موجب افزایش هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) و افزایش فتوسنتز و انتقال هیدرات‌های کربن به دانه و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزار دانه و هدایت روزنه‌ای ($r = 0.85$) گواه این مطلب می‌باشد (جدول ۴).

نسبت وزن مغز به پوست دانه

اثر تنش کم‌آبی بر نسبت وزن مغز به پوست دانه معنی‌دار بود، اما اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در شرایط تنش کم‌آبی نسبت وزن مغز به پوست دانه ۱۴/۴ درصد کمتر از آبیاری مطلوب بود (جدول ۵). احتمالاً تنش کم‌آبی از طریق کاهش میزان مواد فتوسنتزی تولید شده و کاهش طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش وزن دانه و در نهایت کاهش نسبت وزن مغز به پوست دانه شده باشد. نتایج ضرایب همبستگی نیز به ارتباط منفی و معنی‌دار بین نسبت وزن مغز به پوست دانه و وزن هزار دانه ($r = -0.75$) اشاره دارد (جدول ۴).

عملکرد دانه

اثر تنش کم‌آبی، اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در سطح شاهد متانول، تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری مطلوب عملکرد دانه را ۲۳/۸ درصد کاهش داد (جدول ۳). در شرایط آبیاری مطلوب و محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی عملکرد دانه ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. در شرایط تنش کم‌آبی و محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی نیز عملکرد دانه افزایش ۲۷/۹ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). در تحقیقی، بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان از محلول پاشی متانول و در شرایط

آبیاری مطلوب تعداد دانه در طبق ۲۶/۲ درصد بیشتر از شرایط تنش کم‌آبی بود (جدول ۵). نتایج مطالعات محققان متعددی حاکی از کاهش تعداد دانه در طبق آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی است (Seyed Sharife and Seyed Sharife, 2019; Moradi Ghahderijani et al., 2015). تنش کم‌آبی احتمالاً از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند شده و از طرف دیگر باعث کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی و افت تعداد گلچه‌های بارور سطح طبق و در نهایت تعداد دانه در طبق شده است. هم‌چنین با کاهش قطر طبق در شرایط کم‌آبی (جدول ۵) تعداد گلچه‌های موجود در طبق کاهش یافته و باعث کاهش تعداد دانه در طبق شده است. نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که بین تعداد دانه در طبق و قطر طبق ($r = 0.78$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴).

در این آزمایش محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی موجب افزایش ۱۹/۶ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به شاهد شد (جدول ۶). نتیجه به‌دست‌آمده با نتایج Khalilvand Behrouzfar and Yarnia (2014) و Esfani Farahani et al. (2013) در خصوص گیاه آفتابگردان مطابقت دارد. محلول پاشی متانول بر روی گیاهان سه کربنه از طریق جلوگیری و یا کاهش تنفس نوری، افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ موجب افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و در نهایت تعداد دانه در طبق می‌شود (Ramirez et al., 2006).

اثر تنش کم‌آبی و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، اما اثر محلول پاشی متانول بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب محلول پاشی با متانول تأثیری بر وزن هزار دانه نداشت، اما در شرایط تنش کم‌آبی محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی موجب افزایش ۱۲ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). نتایج تحقیقی نشان داد که محلول پاشی با متانول در شرایط تنش و بدون تنش باعث افزایش وزن هزار دانه آفتابگردان شد (Seyed Sharife and Seyed Sharife, 2019). به نظر می‌رسد

Table 6. Mean comparison of methanol foliar application on number of seed in head of sunflower

	Treatment				
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
Number of seed in head	558.05 bc	570.29 bc	499.66 c	619.01 ab	667.70 a

Means with the same letter in each column are not significantly different based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

M₀, M₁, M₂, M₃ and M₄ methanol spraying at control (0), 7, 14, 21 and 28 Volume percentage.

محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی نیز عملکرد زیستی افزایش ۲۳/۴ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول پاشی متانول روی بوته‌هایی که تحت شرایط کمبود آب قرار داشتند باعث افزایش زیست‌توده آن‌ها شد (Zbiec and Podsiad, 2003). تنش خشکی به علت کاهش دی‌اکسیدکربن داخلی برگ‌ها و افزایش تنفس نوری موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه می‌شود (Amraei et al., 2017). به نظر می‌رسد که محلول پاشی با متانول از طریق افزایش عدد کلروفیل متر و هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) بر فتوسنتز گیاه تأثیر گذاشته و در نهایت موجب افزایش عملکرد زیستی شده باشد. نتایج ضرایب همبستگی نیز به ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زیستی و ارتفاع بوته ($r=0.92$)، تعداد برگ در بوته ($r=0.71$)، عدد کلروفیل متر ($r=0.67$)، هدایت روزنه‌ای ($r=0.87$)، وزن هزار دانه ($r=0.84$) و عملکرد دانه ($r=0.93$) اشاره داشت (جدول ۴). در تحقیقی بر روی آفتابگردان همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زیستی با عملکرد دانه، وزن خشک طبق، تعداد برگ در بوته و ارتفاع وجود داشت (Jami et al., 2018 b).

شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن

اثر تنش کم‌آبی، محلول پاشی متانول و برهمکنش آن‌ها بر شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن معنی‌دار نبود (جدول ۲). شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی است که نشان‌دهنده چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در اندام‌های گیاه است، لذا احتمال دارد معنی‌دار نبودن شاخص برداشت بر اثر تنش کم‌آبی و محلول پاشی با متانول به دلیل افزایش متناسب عملکرد دانه و زیستی باشد.

درصد و عملکرد روغن نیز تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفتند (جدول ۲). در تحقیقی، تأثیر تنش کم‌آبی و محلول پاشی با متانول بر درصد روغن

آبیاری کامل حاصل شد (Seyed Sharife and Seyed Sharife, 2019). در مطالعه‌ای دیگر، محلول پاشی با متانول در شرایط تنش کم‌آبی توانست تا حدی کاهش عملکرد حاصل از خشکی را جبران نماید (Khalilvand Behrouzfar and Yarnia, 2014). در این پژوهش، محلول پاشی با متانول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی از طریق افزایش برخی صفات مرفولوژیک مانند تعداد برگ در بوته (جدول ۳) و برخی صفات فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای (جدول ۳) باعث تأخیر در پیری برگ‌ها و افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ و در نهایت افزایش فتوسنتز (Amraei et al., 2017) شد. از طرف دیگر، افزایش برخی از اجزای عملکرد مانند وزن هزار دانه (جدول ۳) نیز توانست به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تأثیرگذار عملکرد دانه را بهبود بخشد. در برخی از مطالعات نیز به خواص تعدیل‌کنندگی متانول در شرایط تنش خشکی اشاره شده است (Downie et al., 2004). نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه و عملکرد دانه نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته ($r=0.81$)، تعداد برگ در بوته ($r=0.64$)، هدایت روزنه‌ای ($r=0.84$) و وزن هزار دانه ($r=0.73$) وجود داشت (جدول ۴). در تحقیقی دیگر، عملکرد دانه آفتابگردان با تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (Jami et al., 2018 b).

عملکرد زیستی

اثر تنش کم‌آبی، اثر محلول پاشی متانول و برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی متانول بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب و محلول پاشی با متانول ۲۸ درصد حجمی عملکرد زیستی ۱۵/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. در شرایط تنش کم‌آبی و

در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی هر چند درصد عملکرد روغن دانه آفتابگردان را تحت تأثیر قرار نداد، و اما موجب افزایش عملکرد دانه شد. حداکثر عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب و با محلول پاشی ۲۸ درصد حجمی به دست آمد که نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی متانول)، ۲۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین، نتایج این پژوهش مشخص کرد که جهت دستیابی به عملکرد دانه قابل قبول در شرایط تنش کم آبی محلول پاشی با متانول ۲۱ درصد حجمی در منطقه بیرجند مناسب می باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از مرکز آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی خراسان جنوبی و کلیه افرادی که در انجام این تحقیق به هر نحوی همکاری نمودند تشکر و قدردانی به عمل می آورند.

آفتابگردان معنی دار نبود که با نتیجه به دست آمده مطابقت داشت (Khalilvand Behrouzfar and Yarnia, 2014). اصولاً درصد روغن یک صفت کیفی است و توسط چندین ژن کنترل می شود؛ لذا احتمال آسیب تعداد زیادی از ژن های کنترل کننده در اثر تنش خشکی بسیار کم است (Yadollahi Dehchecsme et al., 2014). با توجه به این که عملکرد روغن حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه است، در این تحقیق علی رغم معنی دار بودن عملکرد دانه در تیمارهای مورد مطالعه و عدم اختلاف معنی دار درصد روغن (جدول ۲) برآیند این دو عامل عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار نداد. نتایج ضرایب همبستگی نیز حاکی از ارتباط مثبت و معنی دار عملکرد روغن با درصد روغن بود (جدول ۴).

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که محلول پاشی متانول

References

- Amraei, B., Peknezad, F., Ebrahimi, M. A., & Subhaniyan, H. (2017). Effect of methanol foliar application and drought tension on grain yield and growth indices of soybean (*Glycine max* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(34), 111-129. [In Farsi]
- Asghari, B., & Gharibi Asl, S. (2016). The oil and protein content of Isfahan's safflower in different periods of irrigation, levels of humic acid and superabsorbent. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 6(1), 56-63.
- Baghalian, K., Abdoshah, Sh., Khalighi-Sigaroudi, F., & Paknejad, F. (2011). Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 201-207.
- Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., & Haslam, R. (2004). Expression profiling of the response of arabidopsis thaliana to methanol stimulation. *Phytochemistry*, 65, 2305-2316.
- Esazadeh Panjali Kharabasi, J., Galavi, M., & Ramroudi, M. (2017). Effects of methanol spraying on qualitative traits, yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(3), 511-521. [In Farsi]
- Esfini Farahani, M., Pack Negad, F., Kashani, A., Ardakani, M. R., Bakhtiari Moghaddam, M., & Rezai, M. (2013). Effect of methanol spraying on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L. Azargol hybrid) under different moisture conditions. *Agronomy and Plant Breeding Journal*, 8(1), 115-125. [In Farsi]
- Gholinezhad, E., & Darvishzadeh, R. (2018). Estimates of variance components and heritability of grain yield and yield components in confectionary sunflower landraces in different levels of irrigation. *Plant Productions*, 41(2), 29-40. [In Farsi]

- Jami, M. Q., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi Bidgoli, A., Baghbani- Arani, A., & Namdari, A. (2018a). Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19(2), 151-167. [In Farsi]
- Jami, M., Ghalavand, A., & Modares Sanavy, S. (2018 b). Evaluation of agronomic characteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation and zeolite. *Journal of Crops Improvement*, 19(4), 1011-1032. [In Farsi]
- Javadi, H., Moosavi, S., Seghatoleslami, M., & Kermani, F. (2021). Effect of organic and chemical improver's application on yield and essential oil percentage of Dill (*Anethum graveolens* L.) under water deficit stress conditions. *Plant Productions*, 44(2), 283-294. [In Farsi]
- Khalilvand Behrouzfar, E., & Yarnia, M. (2014). Can methanol foliar application improve the productive performance of sunflower under water deficit stress? *International Journal of Biosciences*, 5(2), 28-32.
- Mirakhori, M., Paknejad, M. R., Ardakani, F., moradi, P., Nazeri, P., & Nasri, M. (2010). Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). *Agroecology*, 2(2), 244-236. [In Farsi]
- Moradi Ghahderijani, M., Sadat Asilan, K., & Modarres Sanavy, S. A. M. (2015). Effect of imperovers application on seed yield and irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(2), 115-127. [In Farsi]
- Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., & Pena Cortes, H. (2006). Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 25, 30-44.
- Seyed sharif, R., & Seyed Sharifi, R. (2019). Effects of different irrigation levels and application of methanol and nano iron oxide on yield and grain filling components of sunflower. *Journal of Crops Improvement*, 21(1), 27-42. [In Farsi]
- Simova- Stoilova, L., Demirevska, K., Petrova, T., Tsenov, N., & Feller, U. (2008). Antioxidative protection in wheat varieties under severe recoverable drought at seedling stage. *Plant Soil and Environment*, 54, 529- 536.
- Soleymani, F., & Ahmadvand, G. (2016). The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Agroecology*, 8(1), 107-119. [In Farsi]
- Yadollahi Dehchecsme, P., Bagheri, A. A., Amini, A., & Esmailzade Bahabadi, S. (2014). Effect of drought tension and chitosan foliar application on yield and photosynthetic pigments of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop Physiology Journal*, 6(21), 73-83. [In Farsi]
- Yadollahi, P., Asgharipour, M. R., Marvane, H., Kheiri, N., & Amiri, A. (2017). The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars of sunflower. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1), 65-76. [In Farsi]
- Zareei Siahbidi, A., & Rrezaizad, A. (2018). Effect of deficit irrigation and super absorbent application on physiological characteristics and seed yield of new Iranian sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20(3), 222-236. [In Farsi]
- Zbiec, I., Karczmarczyk, S., & Podsiadlo, C. (2003). Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6(1), 1-7.