اثر محلول‌پاشی سایکوسل بر کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی در جو رقم کویر در منطقه خداآفرین آذربایجان شرقی

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۳، شماره ۴، صفحات ۲۲-۱۳
(زمستان ۱۳۹۶)

احمد افکاری*، حمید غفاری

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

* afkariahmad@yahoo.com ✉ **(مسؤول مکاتبات)**

چکیده کاربرد تنظیم کننده‌های رشد از روش‌های مهم در کاهش آثار سوء تنش خشکی و به دست آوردن محصول مناسب در شرایط کمبود آب می‌باشد. این پژوهش به‌منظور تعیین اثربخش محلول‌پاشی با سایکوسل در تخفیف اثرات تنش خشکی در جو رقم کویر انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام و تیمارهای آزمایش شامل سایکوسل با غلظت‌های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تنش خشکی در سه سطح آبیاری معمول، قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و خوشه‌دهی بود. تنش خشکی تمامی صفات مورد ارزیابی را تحت تأثیر منفی خود قرار داد. کاربرد سایکوسل در شرایط تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد و کاهش ارتفاع بوته شد. محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل موجب تعدیل وضعیت گیاه در برابر تنش خشکی شد و از این رو استفاده از این غلظت برای دستیابی به عملکرد مطلوب در جو رقم کویر در شرایط تنش خشکی توصیه باشد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۴

واژه‌های کلیدی

- **تنش کم‌آبی**
- **تنظیم کننده رشد گیاهی**
- **کلرمکوات کلراید**
- **عملکرد زیستی**

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.538663

مقدمه جو[1] از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است و در مناطق خشک که میزان بارندگی بسیار اندک و غیرقابل‌پیش‌بینی است، زراعت می‌شود. جوهای صنایع تخمیری در آب و هوای خشک به خوابیدگی گرایش دارند. خوابیدگی ساقه علاوه بر این که به کاهش عملکرد می‌انجامد، برداشت محصول را نیز دشوارتر می‌سازد.[۱،۱۹]

استفاده از تنظیم کننده‌های رشد در مدیریت غلات برای کوتاه کردن ساقه و در نتیجه کاهش ورس کاربرد زیادی داشته و در ابتدا تصور می‌شد که استفاده از تنظیم کننده‌های رشد تنها سبب کاهش طول ساقه می‌شود؛ اما پژوهشگران دریافتند که تنظیم کننده‌های رشد قابلیت تغییر نقشه رشد غلات را نیز دارند.[۲۲] در سال‌های اخیر، برای حل مسأله خوابیدگی از هورمون‌های گیاهی استفاده شده است.[۱،۱۹]

کلرمکوات کلراید یا سایکوسل[2] یک کندکنندهٔ رشد مصنوعی گیاه و یکی از مشتقات کولین[3] است که بدون این که اثری بر میزان تنفس گیاه داشته باشد موجب افزایش مقاومت آن به تنش خشکی می‌گردد.[۲] سایکوسل با اختلال در مسیر چرخه ساخته شدن جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم اِنت کائورن سنتتاز[4] شده و ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد.[۲۳]

فشر و هینز (۱۹۶۶) با محلول‌پاشی با سایکوسل روی خیار تغییری در تعداد برگ‌ها و زمان گلدهی مشاهده نکردند ولی ارتفاع گیاه و تعداد گره‌ها در گیاه کاهش یافت.[۱۰] *زنگ و همکاران (۲۰۰۹)* نیز بیان کرد که در اثر استفاده از سایکوسل ارتفاع بوته در سیب‌زمینی کاهش پیدا می‌کند.[۲۹] *شریف و همکاران (۲۰۰۷)* نیز در بررسی اثر سایکوسل بر جو پاییزه رقم والفجر مشاهده کردند که با افزایش غلظت سایکوسل ارتفاع ظاهری بوته کاهش معنی‌داری پیدا کرد.[۲۳] *عبدالخانی و شکوه‌فر (۲۰۱۵)* گزارش نمودند که با مصرف سایکوسل عملکرد دانه جو رقم جنوب افزایش یافت.[۱] *گلاگی و همکاران (۲۰۰۹)* گزارش کردند که کاربرد سایکوسل تعداد بوته در متر مربع را در خیار افزایش داد.[۱۱] در *آزمایشی کوچ (۲۰۰۴)* نیز اعلام نمود که در استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، ارتفاع بوته به دلیل کاهش رشد طولی میان‌گره‌ها در چغندر قند کاهش یافت.[۱۵] *امام و کریمی (۱۹۹۵)* نیز در آزمایش گلخانه‌ای روی گندم قدس به این نتیجه رسیدند که تعداد پنجه‌ها در بوته‌های تیمار شده با سایکوسل نسبت به شاهد از روز هجدهم پس از تیمار به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. آنها افزایش پنجه‌ها در اثر استفاده از سایکوسل را به دلیل بازتر شدن زاویه ساقه در بوته‌های تیمار شده و بهبود نفوذ نور درون سایه‌انداز گیاهی دانستند.[۸] *دی و همکاران (۱۹۸۲)* نشان دادند که محلول‌پاشی گیاه گندم با سایکوسل سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. آن‌ها عملکرد بیشتر در گیاهان تیمار شده با سایکوسل را به دلیل رشد بیشتر ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای و آب بیشتر در برگ‌ها و در نهایت افزایش در بهبود بازده مصرف آب از طریق افزایش در فعالیت ریشه و کاهش در تعرق گیاه دانستند.[۴] *پیراسته و امام (۲۰۱۴)* به این نتیجه رسیدند که سایکوسل اثر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله گندم نان داشت.[۲۱] *شریف و همکاران (۲۰۰۷)* نیز با استفاده از سایکوسل روی جو گزارش کردند که ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز پس از مصرف آن و همچنین در هنگام برداشت تفاوت معنی‌داری در عملکرد مشاهده می‌شود.[۲۳]

[1] *Hordeum vulgare* L.
[2] chlormequat chloride (cycocel)
[3] choline
[4] ent- kaurene synthase enzyme

با توجه به بحران کم‌آبی در منطقه خداآفرین، به نظر می‌رسد به دلیل اهمیت و نقش سایکوسل به عنوان یکی از عوامل تعدیل کننده اثرات ناشی از خشکی و کمی بررسی‌های انجام شده در خصوص برهمکنش توأم اثر سایکوسل و خشکی از سوی دیگر، از جمله مواردی بودند که موجب شد این پژوهش در منطقه به اجرا در آمد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر تعیین امکان استفاده از سایکوسل در کاهش اثرات سوء تنش خشکی در جو بهاره رقم کویر بود.

مواد و روش‌ها این پژوهش در مزرعه‌ای در منطقه خداآفرین با ارتفاع ۱۳۴۵ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی شرقی ۴۹ درجه و ۶ دقیقه و عرض جغرافیایی شمالی ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه با اقلیم نیمه خشک و سرد با متوسط بارندگی ۳۵۸ میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا گردید. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. تیمارهای آزمایش شامل پاشش مقادیر ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار سایکوسل و تنش خشکی در سه سطح آبیاری معمول، قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و خوشه‌بندی بود.

رقم مورد استفاده جو در این آزمایش رقم کویر بود که مقاوم به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده خصوصاً سرما و سازگار با مناطق سردسیر کشور می‌باشد. به آماده‌سازی شامل آبیاری و شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار قبل از کاشت بود. همچنین، جهت خردشدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین دیسک و ماله زده شد. نمونه‌برداری از خاک مزرعه مورد آزمایش در عمق ۳۰–۸ سانتی‌متر برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد (جدول ۱). بذور جو به شکل خطی و به صورت خشکه‌کاری با دست کاشته شدند. آبیاری مزرعه به صورت کرتی و با توجه به شرایط محیطی، هر هفت روز یک بار قبل از اعمال تنش انجام و در طول دوره رشد وجین دستی علف‌های انجام شد. اندازه کرت‌ها ۲ × ۳ متر بود. یک لیتر سایکوسل در ۴۰۰ لیتر آب حل شده و در مرحله ساقه‌دهی و نیز خوشه‌دهی محلول‌پاشی صورت گرفت. در زمان رسیدگی جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دو خط وسط برداشت و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. برای تعیین تعداد دانه در سنبله، ۵۰ عدد سنبله از ۱۰ بوته مورد نظر به طور تصادفی انتخاب و اندازه گیری صفات انجام شد. به منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۱۰ نمونهٔ ۱۰۰تایی از بذور هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰ وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی، پس از کف برنمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی قبل از جدا کردن دانه از سنبله، وزن کل بوته‌ها تعیین شده و عملکرد بیولوژیکی در هکتار تعیین گردید. پس از جداکردن دانه‌ها از سنبله و رسیدن رطوبت دانه به ۱۴٪، عملکرد دانه نیز محاسبه گردید. پس از تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز تعیین گردید.[۱۲]

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث اثرات اصلی تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سایکوسل بر صفات

جدول ۱) مشخصات خاک مزرعه آزمایشی

Table 1) Soil properties in experimental farm

sand (%)	(%) silt	clay (%)	potassium (mg/kg)	phosphourus (mg/kg)	nitrogen (%)	organic carbon (%)	pH	salt ($ds.m^{-1}$)	soil texture
33	61	24	252	13	0.40	0.32	6.7	2.92	Loam Sandy

مورد ارزیابی معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل تنش خشکی و سایکوسل بر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار اما اثر برهمکنش تنش خشکی و غلظت سایکوسل بر سایر صفات مورد ارزیابی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

تعداد پنجه بارور

تنش خشکی به طور معنی‌داری تعداد پنجه بارور را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش تنش خشکی، تعداد پنجه بارور کاهش یافت (جدول ۲). بین غلظت‌های مختلف سایکوسل از نظر تأثیر بر تعداد پنجه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). این افزایش می‌تواند به دلیل کاهش چیرگی انتهایی مقصدهای فیزیولوژیکی ساقه اصلی و تأمین مواد پرورده بیشتر جهت رشد مقصدهای فیزیولوژیکی ثانویه نظیر پنجه باشد.[۴] در این میان، بیشترین تعداد پنجه بارور از غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد (جدول ۲) با افزایش مصرف سایکوسل در تراکم بوته کم، رقابت بین بوته‌ها برای دریافت آسیمیلات‌ها کاهش یافته و با جلوگیری از عقیمی گل‌ها و سنبله‌ها، تعداد پنجه بارور افزایش می‌یابد.[۲۳] *امام و کریمی (۱۳۹۶)* در آزمایش گلخانه‌ای روی گندم قدس به این نتیجه رسیدند که تعداد پنجه‌ها در بوته‌های تیمار شده با سایکوسل نسبت به شاهد از روز هجدهم پس از تیمار به طور معنی‌داری افزایش یافت.[۸] نتایج به دست آمده با یافته‌های برخی پژوهش‌گران همخوانی دارد.[۱۸،۲۱،۲۳]

ارتفاع بوته

تنش آبی و استفاده از سایکوسل به سبب کاهش طول دوره رشد رویشی گیاه و متعاقب آن کاهش میزان فتوسنتز سبب کاهش ارتفاع بوته گردید. (جدول ۲ و ۳). *لادلو و ماچو (۱۹۹۰)* نیز در آزمایشی علت این کاهش را به کاهش سرعت رشد و اندازه سلول نسبت دادند. آن‌ها ذکر کردند با کاهش میزان آب خاک، رشد و طویل شدن ساقه کاهش می‌یابد.[۱۷] سایکوسل با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید مانع از فعالیت آنزیم انت کائورن سنتتاز شده و ارتفاع گیاهان را کاهش می‌دهد.[۱۰،۱۲] *دسکلوکس و همکاران (۲۰۰۰)* در آزمایشی گزارش کرد که ارتفاع بوته در مراحل مختلف رشد رویشی سویا با مصرف سایکوسل کاهش می‌یابد.[۵] در پژوهشی غلظت بالای سایکوسل موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته جو شد.[۱۴] *عبدالخانی و شکوه‌فر (۲۰۱۵)* با بررسی اثر تنظیم کننده‌های رشد بر گیاه بنه نشان دادند که سایکوسل با غلظت پایین باعث افزایش ارتفاع گیاه

جدول ۲) تجزیه واریانس اثر مصرف سایکوسل بر صفات جو تحت تنش خشکی

Table 1) Analysis of variance of barley traits under drought stress affected by cycocel application

Sources of variation	df	mean of square							
		no.of fertile tiller	no. of spike/m^2	no. of grains per	thausand grain weight	plant height	biological yield	grain yield	harvest index
Replication	3	0.167ns	132.42ns	2.92ns	5.29ns	14.53ns	27328.32ns	20172.05ns	3.34ns
Drought stress (S)	2	14.33**	198.19**	57310.33**	21.33**	148.23**	100465.1**	123921.4**	59.7**
Cycocel (C)	3	4.41*	7872.4**	104.83**	4.19**	251.49**	576359.9**	781475.7**	11.21**
S * C	6	2.47 ns	783.87**	23.72**	6.43ns	403.8 ns	134938.7 ns	708561.3**	2.9**
Error	3	0.51	172.34	3.91	2.49	21.37	2471.35	139.62	1.42
CV(%)		13.18	11.28	8.5	10.33	8.32	12.58	11.91	14.41

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪ ns , *,**: non-significant, significant in 5 and 1%, respectively.

جدول ۳) اثرات ساده تنش خشکی و سایکوسل بر صفات مورد مطالعه در جو

Table 2) Simple effects of drought stress and cycocel on the studied traits in barley

Treatment	no. of fertile tiller	thousand kernel weight (g)	plant height (cm)	biological yield (kg/ha)
Control (no spraying)	0.77 d	36.65 a	77.19 a	10133.45 d
Cycocel spraying (500 mg/L)	0.92 c	35.184 a	70.09 b	11200.14 c
Cycocel spraying (1000 mg/L)	1.21 b	36.44 b	65.12 c	12008.60 b
Cycocel spraying (1500 mg/L)	1.62 a	37.90 b	49.59 c	14031.33 a
Normal irrigation	2.49 a	38.98 a	90.80 d	13654.72 a
Irrigation cut-off in stemming stage	1.54 a	36.58 b	66.46 c	12169.87 ab
Irrigation cut-off in flowering stage	0.24 b	10.68 c	77.13 b	9645.19 b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪ است

The same letters in each column represents no significant difference at 5% level of probabilty.

می‌شود. کاربرد سایکوسل موجب کاهش میزان سدیم و یون کلر و افزایش پتاسیم بخش هوایی گردید که به نظر می‌رسد دلیل افزایش ارتفاع بوته باشد.[۱۲] در این رابطه *امام و کریمی (۱۹۹۶)* نیز افزایش ارتفاع بوته را در گندم بر اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد مشابه گزارش کردند.[۸] نتایج این پژوهش با یافته‌های برخی پژوهش‌گران در خصوص تأثیر کاهنده سایکوسل بر ارتفاع گیاه همخوانی دارد.[۱۳،۲۳]

وزن هزار دانه

محلول‌پاشی با سایکوسل سبب افزایش وزن هزاردانه، و تنش کم‌آبی در مرحله خوشه‌دهی سبب کاهش آن در جو رقم کویر گردید (جدول ۳). پژوهش‌گران دیگر نیز اظهار داشتند که وزن هزار دانه در نتیجه تیمار با سایکوسل افزایش می‌یابد و علت آن را به افزایش قدرت مقصد فیزیولوژیکی قبل از گلدهی نسبت می‌دهند.[۲۴] از آنجایی که در زمان اعمال سایکوسل در مرحله خوشه‌دهی، برخی گلچه‌ها گرده‌افشانی شده و در مرحله آغاز پر شدن دانه بودند، تشکیل سلول‌های آندوسپرم به دلیل کاهش سیتوکینین در شرایط تنش، تحت تأثیر قرار گرفته و وزن دانه کاهش یافته است.[۲۵] نتایج به دست آمده با یافته‌های برخی پژوهش‌گران همخوانی دارد.[۲۴،۲۹]

عملکرد بیولوژیکی

استفاده از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط آبیاری معمول در جو رقم کویر سبب افزایش زیست‌توده گیاهی شد. با این حال، تنش خشکی و عدم استفاده از سایکوسل سبب کاهش عملکرد بیولوژیکی گردید (جدول ۳). این موضوع نشان‌دهندهٔ اثرات سوء تنش کم‌آبی بر عملکرد بیولوژیکی می‌باشد. *شریف و همکاران (۲۰۰۷)* گزارش کردند که تنش خشکی، تعداد پنجه و عملکرد ماده خشک در گیاه را به طور خطی کاهش می‌دهد.[۲۳] نتایج پژوهش‌های پژوهش‌گران دیگر روی گیاهان مختلف حاکی از کاهش ماده خشک و زیست‌توده تحت شرایط تنش خشکی بوده و یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند.[۱۶] سایکوسل به دلیل ایجاد افزایش خاصیت مقاومت به خشکی در ارزن سبب افزایش عملکرد علوفه شد.[۴] نتایج به دست آمده با یافته‌های برخی پژوهش‌گران همخوانی دارد.[۳،۶،۲۸]

تعداد سنبله در متر مربع

اثر برهمکنش تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سایکوسل بر تعداد سنبله در متر مربع نشان داد که در شرایط آبیاری معمول و استفاده از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش تعداد سنبله در

متر مربع، و تنش خشکی و عدم استفاده از سایکوسل سبب کاهش تعداد سنبله در متر مربع گردید (جدول ۴) که اصلی‌ترین دلیل آن افزایش تعداد پنجه‌های بارور در گیاه را می‌توان ذکر کرد. *امام و ایلکانی (۲۰۰۲)* نیز با آزمایش در گیاه کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند.[۷] عدم تنش خشکی و کاربرد سایکوسل باعث افزایش باروری تعداد گل‌ها و همچنین دوام زیادتر سطح سبز برگ و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌گردد.[۲۰]

تعداد دانه در سنبله

اثر برهمکنش تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سایکوسل بر تعداد دانه در سنبله نشان داد که آبیاری معمول و استفاده از تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش تعداد دانه در سنبله، در صورتی که تنش خشکی و عدم استفاده از سایکوسل سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گردید (جدول ۴).

قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی تعداد دانه در سنبله را به شدت تحت تأثیر قرار داد. اثر سایکوسل بر تعداد دانه در سنبله در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار و شاهد معنی‌داری نبود و فقط در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در هکتار معنی‌دار بود که به نظر می‌رسد این غلظت عامل افزایش سنبله و نهایتاً افزایش تعداد دانه در سنبله باشد. نتایج بررسی‌های *اکبری و همکاران (۲۰۱۵)* نشان داد که بین تعداد دانه و زمان لازم تا رسیدگی فیزیولوژیکی بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت و بین نسبت دانه به سنبله، تعداد دانه در واحد سطح، سنبله‌های توپر و عملکرد یک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت.[۲]

کاربرد سایکوسل باعث جلوگیری از سنتز جیبرلین شده و رشد طولی ساقه را به تأخیر می‌اندازد و مواد پروردهٔ بیشتری به سمت تشکیل شدن تعداد دانه حرکت می‌کنند و باعث بیشتر شدن تعداد دانه در سنبله می‌شود.[۷]

عملکرد دانه

اثر برهمکنش تنش خشکی و غلظت‌های مختلف سایکوسل بر عملکرد دانه نشان داد که شرایط آبیاری معمول و تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش عملکرد دانه شد در صورتی که تنش خشکی و عدم استفاده از سایکوسل سبب کاهش عملکرد دانه گردید (جدول ۴). سایکوسل با انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها در پر شدن آن‌ها و افزایش وزن دانه‌ها نقش به سزایی دارند. از طرفی سایکوسل با افزایش تعداد و پایداری پنجه‌ها و همچنین سطح برگ، باعث فتوسنتز بیشتر شده و مواد پرورده بیشتری به سمت دانه‌ها انتقال و افزایش عملکرد دانه بیشتری را موجب می‌شود.[۲۳] کاهش عملکرد دانه در صورت مصرف سایکوسل و تنش نیز توسط سایر پژوهش‌گران در جو گزارش شده است.[۹] محلول‌پاشی با غلظت بالای سایکوسل گرچه موجب کند شدن رشد گیاه می‌گردد ولی می‌تواند میزان گلچه‌های بارور و عملکرد دانه را افزایش دهد، ضمن آن که تیمار سایکوسل ظرفیت فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی را به مخازن افزایش می‌دهد.[۲۷]

دی و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که محلول‌پاشی گندم با سایکوسل سبب افزایش عملکرد دانه گردیده و عملکرد بیشتری را موجب می‌شود.[۴] *امام و کریمی ۱۹۹۶)* مشاهده کردند که به دلیل کاهش طول میانگره‌های ساقه، طول نهایی ساقه در شرایط مزرعه بوته‌های تیمار شده با سایکوسل در گندم کاهش یافت.[۸]

برخی معتقدند سایکوسل اندازه مقصد را قبل و بعد از گلدهی به دلیل اثر بازخوردی مثبت و سرعت فتوسنتزی مقصد گیاه و حجم مواد انتقالی برای پر شدن دانه افزایش می‌دهد.[۹] *شرف و همکاران ۲۰۰۷)* گزارش نمودند که محلول‌پاشی سایکوسل عملکرد جو را افزایش داد.[۲۳] نتایج بررسی‌های *خلیل‌زاده و همکاران*

جدول ۴) اثر محلول‌پاشی با مقادیر مختلف سایکوسل بر صفات جو رقم کویر تحت آبیاری معمول و تنش خشکی

Table 3) The Effect of cycocel foliar application rates on barley CV. Kavir triyts affected by normal irrigation and drought stress condition

Drough stress	cycocel application rate (mg/L)	harvest index (%)	grain yield (kg/ha)	no. of grains per spike	no. of spike/m^2
Normal irrigation	0	27.69 ab	3311.24 b	30.32 b	362.81 b
	500	27.37 b	3416.68 ab	30.91 b	368.26 b
	1000	28.28 a	3631.52 a	31.34 ab	375.39 ab
	1500	27.874 ab	3856.45 a	32.62 a	393.69 a
Irrigation cut-off in stemming stage	0	27.93 ab	3126.85c	27.49 c	334.69 c
	500	27.60 ab	3232.29 bc	28.08 bc	340.14 c
	1000	28.52 a	3247.21 ab	28.51 bc	347.27 bc
	1500	28. 11 a	3672.06 a	29.8 b	365.69 b
Irrigation cut-off in flowering stahe	0	26.35 c	2607.37 de	23.29 e	306.74 e
	500	26.02 d	2712.81 d	23.88 de	312.19 d
	1000	26.93 bc	2917.75 cd	24.31 d	319.32 d
	1500	26.52 c	3152.58 bc	25.60 d	337.74 cd

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری است.

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

(۲۰۱۶) نشان داد که سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه، موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه گندم شد.[۱۴]

شاخص برداشت

شرایط بدون تنش کم‌آبی و استفاده از تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل سبب افزایش شاخص برداشت در صورتی که تنش خشکی و عدم استفاده از سایکوسل سبب کاهش شاخص برداشت گردید (جدول ۴). کاهش شاخص برداشت در شرایط اعمال تنش در مرحله خوشه‌دهی می‌تواند به دلیل عقیم ماندن گلچه‌ها و کاهش وزن هزاردانه باشد. ضریب برداشت نمایانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مقصد است و ارقام دارای ضریب برداشت بالا قادرند هیدرات‌های کربن زیادتری را از اندام‌های سبز به دانه انتقال و سبب افزایش عملکرد گردند. ارقامی دارای شاخص برداشت پایین‌تر کربوهیدرات‌های کمتری را به دانه انتقال و از این رو، دارای عملکرد دانه کمتری می‌باشند.[۲۳] *امام و ایلکایی (۲۰۰۲)* نشان دادند با افزایش مقدار سایکوسل، شاخص برداشت در کلزا کاهش یافت[۷] که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری کلی اعمال تنش خشکی موجب کاهش تمامی صفات جو رقم کویر نظیر پر شدن دانه، عملکرد، اجزای عملکرد و زیست توده محصول شد. اعمال سایکوسل از طریق کاهش فشار ناشی از تنش سبب مقاومت به خشکی در جو شده و در این شرایط گیاه قادر بود عملکرد خود را در سطح مطلوبی نگاه دارد. همچنین سایکوسل ساقه‌روی را به تأخیر انداخت که سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شد. بیشترین عملکرد دانه در محلول‌پاشی ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد.

References

1. Abdolkhani S, Shokohfar AR (2016) The effect of seed densities and chlormequat chloride (CCC) concentrations on yield and yield components of Jonub barley cultivar. Journal of Crop production Research 7(4): 309-319. [in Persian with English abstract]
2. Akbari V, Jalilimarandi R, Khara J, Farrokhzad AR (2015) Response of two olive cultivars (Mary and Mission) to exogenous cycocel treatments under drought stress. Iranian Journal of Horticultural Science 46(2): 213-223. [in Persian with English abstract]
3. Almodares A, Jafarinia M, Hadi MR (2009) The Effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 6(4): 441-446.
4. De R, Giri G, Saran G, Singh RK, Chaturvedi GS (1982) Modification of water balance of dryland wheat through the use of chlormequat chloride. The Journal of Agricultural Science 98(3): 593-597.
5. Desclaux D, Huynh TT, Roumet P (2000) Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop Science 40: 716- 722.
6. Ebadi A, Sajed K, Asgari R (2007) Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes. Journal of Food Agricultural Environment 5(2): 359-362.
7. Emam Y, Ilkaie MN (2002) Effects of planting density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristic and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Iranian Journal of Crop Science 4(1): 1-8. [in Persian with English abstract]
8. Emam Y, Karimi H (1996) Influence of chlormequat chloride on five barley cultivars. Iran Agricultural Research 15: 89-104. [in Persian with English abstract]
9. Emam Y, Moaied GR (2000) Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological and physiological characteristics of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar" Valfajr". Journal of Agricultural Science and Technology 2(2): 75-83.
10. Fietcher RA, Arnold V (1986) Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimefon. Physiologia Plantarum 66(2): 197-201.
11. Gollagi SG, Hiremath SM Chetti MB (2009) Effects of growth regulator and nutrients on growth parameters and yield in chilli (*Capsicum annum* L.) cv. Byadagi Kaddi. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(1):123-125.
12. Hashemzadeh F (2009) Effects of drought stress and cycocel application on yield of maize varieties in second crop. Agroecology Journal 5(14): 67-79. [in Persian with English abstract]
13. Ibrahim SA, Kandil H (2007) Growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine max L.*) plants as affect by plant spacing under different irrigation intervals. Research Journal of Agricultural and Biological Science 3(6): 657-663.
14. Khalilzadeh R, Seyed Sharifi R, Jalilian J (2016) Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum L.*) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. Journal of Plant Interaction 11(1): 130-137.
15. Koch K (2004) Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. Current Opinion in Plant Biology 7(3): 235-246.
16. Kohanmou A (1995) Evaluation of irrigation distances and method of nitrogen fertilizer distribution on growth and yield of sorghum in Karaj region. Master Thesis, Tarbiat modares University, Faculty of Agriculture:Tehran, Iran. [in Persian with English abstract]
17. Ludlow MM, Muchow RC (1990) A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43: 107-153.
18. Movahhedi Dehnavi M, Ranjbar M, Yadavi AR, Kavusi B (2011) Effect of cycocel on proline, soluble sugars, protein, oil and fatty acids of flax (*Linum Usitatissimum* L.) plants under drought stress in a pot trial. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 2(3): 129-138. [in Persian with English abstract]
19. Noormohammadi Gh, Kashani A (2008) Agriculture. Shahid Chamran University Press: Ahvaz. [in Persian]
20. Pandey DM, Goswami CL, Kumar B (2003) Physiological effects of plant hormones in cotton under drought. Biologia Planetarum 47(4): 535-540.
21. Pirasteh-Anosheh H, Emam Y, Ashraf M (2014) Impact of cycocel on seed germination and growth in some commercial crops under osmotic stress conditions. Archives of Agronomy and Soil Science 60(9): 1277-1289.

22. Rajala A (2004) Plant growth regulators to manipulate oat stands. Agriculture and Food Science 13(1-2):186-197.
23. Sharif S, Safari M, Emam Y (2007) The effect of drought stress and cycocle on barley yield (cv. Valfajr). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10(4(B)): 281-290. [in Persian with English abstract]
24. Shekoofa A, Emam Y (2008) Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. Journal of Agricultural Science and Technology 10(2): 101-108.
25. Stahli D, Perrissin-Fabert D, Blouet A, Guckert A (1996) Contribution of the wheat (*Triticum aestivum L.*) flag leaf to grain yield in response to plant growth regulators. Plant Growth Regulators 16(3): 293-297.
26. Waddington SR, Cartwright PM (1988) Pre-maturity gradients in shoot size and in number and size of florets for spring barley treated with mepiquat chloride. The Journal of Agricultural Science 110(3):633-639.
27. Wang HQ, Li H, Liu F, Xiao LT (2009) Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). Scientia Horticulturae 119(2): 113-116.
28. Wei YW, Hu CJ, Deng ZN, Li YR (2006) Differential gene expression in sugarcane regulated by ethephon at early growth stage. Sugar Technology 8(4): 306-308.
29. Zhang H, Tan G, Yang L, Yang J, Zhang J, Zhao B (2009) Hormones in the grains and roots in relation to post-anthesis development of inferior and superior spikelet in japonica/indica hybrid rice. Plant Physiology and Biochemistry 47(3): 195-204.

Effect of cycocel foliar application on alleviation of drought stress on growth traits of barley cv. Kavir

Agroecology Journal

Vol. 13, No. 4 (13-22)
(winter 2018)

Ahmad Afkari*, Hamid Ghaffari

Department of Agronomy and Plant Breeding, Kaleybar Branch, Islamic Azad University, Kaleybar, Iran
*✉ afkariahmad@yahoo.com **(corresponding author)**

Received: 04 October 2017 **Accepted:** 05 March 2018

Abstract The application of growth regulators is one of the most important methods to reduce the effects of drought stress and to obtain suitable growth in under water deficit conditions. This research is to investigate effect of cycocel foliar application on alleviation of drought stress on growth traits of barley cv. Kavir. The experiment was conducted as factorial in randomized complete block design with four replications. The experiment treatments include cycocel with concentrations (0, 500, 1000, 1500 mg/L), drought stress at three levels (Normal irrigation, Irrigation cuuu-off in stemming stage), and Irrigation cuuu-off in flowering stahe (heading)). Drought stress negatively affected all evaluated traits. Cycocel application under drought stress significantly increased yield and yield components and reduced plant height. Foliar application with 1500 mg/L concentration of cycocel caused the plant to be subjected to drought stress. It sounds that usage of 1500 mg/L cycocel can be recommended to reach the maximum yield of cultivar kavir grain in various states of drought stress.

Keywords

- Biomass yield
- Chlormequat chloride
- Plant growth regulator
- Water deficit stress

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.538401