تأثیر دور آبیاری و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی و مصرف آب ذرت دانه ای در استان گیلان

سمانه غلامی سالکویه، ابراهیم امیری[1] * و علی عبدزاد گوهری

دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس؛
gholami.samaneh@gmail.com
دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان؛
eamiri57@yahoo.com
گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع شوشتر؛
Gohari_aa@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی کارآیی مصرف آب و عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس 704 تحت شرایط تیمارهای آبیاری و مقادیر کود نیتروژن در استان گیلان در سال 1389 آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در لاهیجان انجام گرفت. تیمارها شامل سه سطح آبیاری (دیم، دور آبیاری 6 روز و دور آبیاری 12 روز) به عنوان فاکتور اصلی و کود نیتروژن در پنج سطح شامل صفر (بدون مصرف کود نیتروژن)، 60، 120، 180 و 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارآیی مصرف آب تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال 1 درصد معنی دار شدند. بیشترین کارآیی مصرف آب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به اثر متقابل کاربرد کودهای 240 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط بدون آبیاری با مقادیر 2/92 و 6/82 کیلوگرم بر مترمکعب بود. آبیاری به همراه افزایش کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید اما بین تیمارهای آبیاری 6 و 12 روز و تیمارهای کودهای 180 و 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در صفات ذکر شده تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر متقابل عدم استفاده از کود نیتروژن و آبیاری حاصل گردید. با افزایش مقدار آبیاری محتوای نسبی آب برگ افزایش و هدایت روزنه ای کاهش یافت و در تیمارهای بدون آبیاری و آبیاری بعد از 12 روز هدایت روزنه ای مقادیر پایین تری را نسبت به تیمار آبیاری بعد از 6 روز برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: ذرت سینگل کراس 704 ، دور آبیاری، اثر متقابل نیتروژن وآب

---

1. آدرس نویسنده مسؤول: گیلان، لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده کشاورزی، کد پستی4416939515 صندوق پستی: 1616
* دریافت: دی، 1390 و پذیرش: بهمن، 1391

مقدمه

گیاه ذرت به دلیل پتانسل بالا در تبدیل انرژی و سازگاری آن در محدوده فوق العاده وسیعی از شرایط محیطی از اهمیت ویژه ای برخوردار است (17). رطوبت یک فاکتور مهم در زراعت ذرت می باشد به طوری که کمبود آب در مرحله گلدهی بیشترین تاثیر را در کاهش عملکرد دانه دارد و تنش آب در طی این دوره حتی در زمانی کوتاه باعث کاهش عملکرد می گردد (13؛ 16؛21). اثرات تنش خشکی بر گیاه به دو صورت مولفه های روزنه ای و غیر روزنه ای تقسیم می شود (30). مولفه های روزنه ای با جریان ورود دی اکسید کربن و خروج آب مرتبط هستند. اما پدیده های غیر روزنه ای ناشی از تاثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی و کارآیی مصرف منابع می باشند (8).

عواملی که بر کارآیی مصرف آب تاثیر می گذارند عبارتند از آب، دی اکسد کربن، دمای هوا، گونه گیاهی، رفتار روزنه ای گیاه، خصوصیات خاک و غیره (31). ایرال و دیویس (8) روش های پاسخ گیاهان به کمبود آب را در رفتار روزنه ای آنها مدلسازی و ارائه نمودند. مدل آن ها پیش بینی می کند که در شرایط کاملا مرطوب گیاهان می توانند در مصرف آب زیاده روی نموده و هدایت روزنه ای را در تمام روز حفظ کنند. در شرایط تنش خشکی، روزنه ها در وسط روز بسته و در صبح و بعد از ظهر که نور کافی باشد باز می شوند (32).

علیزاده و همکاران (2) بیان نمودند که در اثر تنش آبی، مقاومت مزوفیلی و روزنه ای افزایش می یابد که این امر منجر به کاهش ورود دی اکسید کربن به درون گیاه می گردد و تحت تأثیر این حالت فتوسنتز ظاهری گیاه کاهش یافته و بنابراین عملکرد بیولوژیک کاهش می یابد. گرچه آب عامل بسیار موثر بر عملکرد محصول می باشد ولی کارآیی مصرف آن با افزایش آب آبیاری رابطه مستقیم و خطی ندارد و حداکثر عملکرد، همواره عملکرد اقتصادی نبوده و به معنای حداکثر کارآیی مصرف آب نمی باشد (22).

علاوه بر فراهم بودن آب که برای جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد محصول ضروری است، تأمین و عرضه عناصر غذایی گیاه به صورت متعادل برای نیل به عملکرد و کیفیت مطلوب محصولات کشاورزی ضرورت کامل دارد (14).

تنظیم مقدار نیتروژن مصرفی در کشت ذرت به یک موضوع بسیار مهم اقتصادی و زیست محیطی تبدیل شده است این موضوع، بویژه در مناطقی که ذرت در شرایط آبیاری کشت می شود، از اهمیت بیشتری برخوردار است (9).

برنگر و همکاران (3) در یک تحقیق چهار ساله، اثر شش تیمار کودی (0، 100، 150، 200، 250 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) را بروی عملکرد ذرت در مناطق مدیترانه ای مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و مقادیر کلروفیل به مقدار زیادی تحت تأثیر افزایش تیمارهای نیتروژن قرار می گیرد و با افزایش کود نیتروژن، افزایش می یابد اما بین تیمارهای کودی 200، 250 و 300 کیلوگرم نیتروژن بر هکتار تفاوت های معنی داری مشاهده نمی شود. برید مایر (4) گزارش کرده است که بالاترین سطوح نیتروژن بالاترین اعداد کلروفیل متر و کمترین اعداد کلروفیل متر نیز در گیاهان شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) مشاهده می شود.

نتایج یک پژوهش در اسپانیا نشان داد که هر هکتار ذرت در شرایط آبیاری، می تواند 300-350 کیلوگرم نیتروژن از خاک جذب کند هرچند با در نظر گرفتن نیتروژن باقی مانده در خاک از کشت قبلی، مقدار مصرف کود کمتر از این خواهد بود (34).

منصوری فر و همکاران (20) بیان نمودند که حداکثر کارآیی مصرف آب در ذرت در شرایط اعمال کمبود آب حاصل میگردد این در حالی است که افزایش

کود نیتروژن در شرایط کمبود آب که عملکرد دانه کاهش می یابد می توان باعث افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب گردد.

با توجه به برنامه ریزی ها آبیاری همراه با مدیریت مصرف کود نیتروژن اثرات مطلوبی بر عملکرد، بهبود کیفیت محصول، افزایش کارآیی مصرف آب و کاهش تلفات کودی ناشی از آبشوئی نیترات دارد، این آزمایش به منظور بررسی اثر دور آبیاری و کاربرد کود نیتروژن بر کارآیی مصرف آب و عملکرد ذرت در شرایط آب و هوایی استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش ها

آزمایش در سال 1389 به منظور بررسی تاثیر آبیاری و نیتروژن بر گیاه ذرت در مزرعه ای در شهرستان لاهیجان اجرا گردید. رقم مورد استفاده در این آزمایش سینگل کراس 704 بوده که در قالب کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری بعنوان عامل اصلی (I_1: دیم (بدون آبیاری)، I_2: دور آبیاری 6 روز، I_3: دور آبیاری 12 روز) و تیمارهای کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی (N_1=0، N_2=60، N_3=120، N_4=180 و N_5=240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) اعمال گردید.

کاشت بذر در یازده ردیف کاشت در اول خرداد انجام گرفت. اندازه ی کرت های فرعی 2 × 8 متر مربع بوده و در هر کرت آزمایشی فاصله ی بین پشته ها 75 سانتی متر، فاصله گیاه بر روی پشته 20 سانتی متر، فاصله بین کرت های فرعی 50 سانتی متر و فاصله بین کرت های اصلی 2 متر در نظر گرفته شد.

کودهای فسفر و پتاسیم براساس آزمایش خاک به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل به میزان 150 کیلوگرم بر هکتار و سولفات پتاسیم به میزان100 کیلوگرم بر هکتار در زمان شخم مصرف گردید. کود نیتروژن از منبع اوره بوده که طریقه کاربرد آن در جدول (3) ارائه شده است. آبیاری مورد استفاده سطحی (جوی پشته ای) در نظر گرفته شد که 22روز بعد از کاشت، در مرحله 5-4 برگی گیاه و بعد از تنک کردن به طوری که تراکم نهایی به 6/7 بوته در هر متر مربع رسید اعمال گردید. مقدار آب ورودی برای هر واحد آزمایشی توسط کنتور نصب شده در محل اندازه گیری شد. مقدار آب مصرفی در مدیریت های آبیاری در جدول (3) ارائه شده است.

در طول فصل رشد نیز به موازات اعمال تیمارهای آبیاری و کودی، عملیات دیگر مانند مبارزه با علف های هرز و آفات صورت گرفت.

در زمان گلدهی، میزان هدایت روزنه ای به وسیله دستگاه لیف پرومتر (*Leaf Porometer*) با انتخاب 10 برگ به صورت تصادفی و با حذف اثرات حاشیه ای هر کدام در سه نقطه روی برگ اندازه گیری شد. در همین زمان جهت اندازه گیری مقادیر کلروفیل برگ با اسفاده از دستگاه دستگاه کلروفیل متر مدل (*Spad- 502, Minolta Co. Japan*) با انتخاب 30 نمونه به صورت تصادفی و با حذف اثرات حاشیه ای در سه نقطه از برگ اندازه گیری انجام گرفت.

جهت تعیین محتوای آب نسبی برگ، ابتدا قبل از طلوع خورشید نمونه هایی در حدود یک سانتی متر از برگ، به صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب شده و وزن تر آنها بدست آمد. بعد از قرار گرفتن در آب مقطر به میزان پنج ساعت دوباره وزن گردید و به این ترتیب وزن آماس آنها اندازه گیری شد. بعد از آن با قرار دادن نمونه ها در آون در دمای 70 درجه سانتی گراد به مدت 48 ساعت وزن خشک آنها محاسبه و از طریق فرمول زیر میزان محتوای نسبی آب برگ اندازه گیری شد (35):

100 × ((وزن آماس – وزن خشک)/(وزن تر- وزن خشک)) = محتوای نسبی آب برگ

در تاریخ هفتم شهریورماه 1389 محصول کرت ها برای اندازه گیری صفات برداشت گردید. برای

تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک در سطحی معادل 2/25 مترمربع 15 بوته از خطوط میانی کرت و با حذف اثرات حاشیه ای برداشت شد و بر حسب رطوبت 14 درصد محاسبه گردید. شاخص برداشت از خارج قسمت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به صورت درصد محاسبه شد (29). کارآیی مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از طریق فرمول تقسیم عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ازای مقدار آب مصرفی اندازه گیری شد (29). تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار *SAS* و مقایسه ی میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد.

جدول 3- تیمارهای آبیاری و کودی

تیمارهای آزمایشی	شرح تیمارهای آزمایشی	
	تعداد دفعات آبیاری	حجم آب ورودی به هر کرت (آبیاری + بارندگی) (mm)
دیم	.....	131
دور آبیاری 6 روز	11	637
دور آبیاری 12 روز	9	443
مقدار مصرف کود نیتروژن (kg/ha)		
N_1	بدون مصرف کود	
N_2	60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان کاشت	
N_3	120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سه تقسیط (کاشت، 7-8 برگی و گرده افشانی)	
N_4	180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سه تقسیط (کاشت، 7-8 برگی و گرده افشانی)	
N_5	240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سه تقسیط (کاشت، 7-8 برگی و گرده افشانی)	

نتایج

برخی از پارامترهای هواشناسی منطقه در سال اجرای آزمایش در دوره رشد گیاه در جدول (1) ارایه شده است (براساس داده های ایستگاه هواشناسی لاهیجان). قبل از اجرای طرح نمونه ای مرکب از خاک مزرعه از دو عمق 30-0 و 60-30 سانتی متری خاک برداشت شده که نتایج فیزیکی و شیمیایی از آن در جدول (2) ارائه شده است (1).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هدایت روزنه ای برگ و محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر تیمارهای آبیاری در سطح احتمال 1 در صد قرار گرفت (جدول 4). بیشترین هدایت روزنه ای برگ در دور آبیاری 6 روز و کمترین مقدار آن در دور آبیاری 12 روز بدست آمد که با شرایط بدون آبیاری تفاوت معنی داری را در سطح احتمال 5 درصد نشان نداد (جدول 5). کمترین محتوای نسبی آب برگ در شرایط بدون آبیاری به میزان 70/45 درصد و بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ در دور آبیاری 6 روز به میزان 97/78 درصد حاصل گردید که با دور آبیاری 12 روز اختلاف معنی داری را در سطح احتمال 5 درصد نشان نداد (جدول 5).

مقادیر کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال 1 درصد قرار گرفتند و اثر متقابل این تیمارها بر مقادیر کلروفیل برگ معنی دار نشد (جدول 4). کمترین میزان شاخص مقدار کلروفیل برگ در شرایط دیم و بیشترین آن در تیمار آبیاری 6 روز حاصل گردید که با تیمار آبیاری 12 روز در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی داری را نشان نداد (جدول 5). عدم استفاده از کود نیتروژن منجر به کاهش

شدید کلروفیل برگ تا مقدار 33/5 شد و کاربرد کود نیتروژن تا مقادیر 180 و 240 کیلوگرم در هکتار تقریبا منجر به دو برابر شدن این مقادیر گردید (جدول 6).

مقادیر مختلف کود نیتروژن و اثر تکرار بر شاخص برداشت در سطح احتمال 5 درصد و اثر تیمارهای آبیاری و اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر این صفت در سطح احتمال 1 درصد معنی دار شدند (جدول 4). کمترین و بیشترین شاخص برداشت به ترتیب با مقادیر39/01 و 44/91 در تیمارهای آبیاری 6 روز و دیم بدست آمد (جدول 5). کمترین مقدار شاخص برداشت با مصرف 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بیشترین مقدار آن با کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد که با تیمار عدم استفاده از کود تفاوت معنی داری را نشان داد (جدول 6). بیشترین شاخص برداشت مربوط به اثر متقابل عدم استفاده از کود نیتروژن در تیمار آبیاری 12 روز و کمترین مقدار آن نیز متعلق به اثر متقابل کاربرد 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تیمار آبیاری 6 روز بود (شکل 3).

جدول 1- برخی از خصوصیات هواشناسی منطقه مورد آزمایش در طی فصل رشد

	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بارندگی (mm)	2	39/7	89/6	41/9
ساعت آفتابی (hr)	277/5	284/9	316	195/1
حداکثررطوبت (%)	91/67	85/98	89/33	95
حداقل رطوبت (%)	57/11	55/21	45/74	61
حداکثر دما (c˚)	29	32/03	33/77	28/9
حداقل دما (c˚)	18/28	21/25	20/46	19/2

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	pH	EC ($ds.m^{-1}$)	OC (%)	TNV (%)	P_{avail} ($Mg.Kg^{-1}$)	K_{avail} ($Mg.Kg^{-1}$)	بافت خاک
0-30	5/99	0/176	1/7	0/149	7/4	138	رسی شنی
30-60	6/27	0/175	0/8	0/084	3/4	99	رسی شنی

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کارآیی مصرف آب عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال 1 درصد قرار گرفتند (جدول 4). آبیاری باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و عدم آبیاری باعث کاهش این صفات و افزایش کارآیی مصرف آب گردید (جدول 5). مصرف کود نیتروژن از صفر تا 240 کیلو گرم در هکتار به طور معنی داری باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب شد (جدول 6).

جدول 4- جدول تجزیه واریانس شاخص برداشت، کارآیی مصرف آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای برگ، مقادیر کلروفیل برگ، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص برداشت	کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک	کارآیی مصرف آب عملکرد دانه	محتوای نسبی آب برگ	مقادیر کلروفیل برگ	هدایت روزنه ای برگ	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	2	48/354*	0/033	0/024	21/21	52/801	51/03	40201/26	313803/08
آبیاری	2	130/76**	29/24**	7/32**	3665/45**	435/7**	22145/21**	247589336/06**	29186701/7**
خطا	4	15/70	0/103	0/013	23/42	6/32	20/07	1840540/93	248394/18
کود نیتروژن	4	54/090*	13/83**	2/2**	13/93	460/2**	145/19	132266179/05**	19282037/61**
آبیاری×نیتروژن	8	60/470**	2/29**	0/54**	20/06	30/155	133/23	3088636/12**	695363/97**
خطا	24	14/127	0/088	0/009	20/36	16/05	119/11	634911/68	88359/73
ضریب تغییرات		10/13	8/68	7/22	5/22	8/69	12/95	6/66	6/08

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

جدول 5- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر شاخص برداشت، کارآیی مصرف آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای برگ، مقادیر کلروفیل برگ، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

تیمارهای آبیاری	شاخص برداشت (%)	کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک (Kg/m^3)	کارآیی مصرف آب عملکرد دانه (Kg/m^3)	محتوای نسبی آب برگ (%)	مقادیر کلروفیل برگ	هدایت روزنه ای برگ ($m^2.s/mol$)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)
دیم	44/91A	4/96A	2/22A	70/45B	38/5B	57/4B	7325B	3287B
مدیریت آبیاری 6 روز	39/01B	2/27B	0/88E	97/78A	50/3A	138/6A	14900A	5799A
مدیریت آبیاری 12 روز	42/15AB	2/97B	1/21B	97/27A	49/4A	56/7B	13670A	5593A

میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن می باشند و در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی داری ندارند

جدول 6- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای کود نیتروژن بر شاخص برداشت، کارآیی مصرف آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای برگ، مقادیر کلروفیل، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

تیمارهای کود نیتروژن (Kg/ha)	شاخص برداشت (%)	کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک (Kg/m^3)	کارآیی مصرف آب عملکرد دانه (Kg/m^3)	محتوای نسبی آب برگ (%)	مقادیر کلروفیل برگ	هدایت روزنه ای برگ ($m^2.s/mol$)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)
0	44/04A	1/5D	0/66D	86/4A	33/9C	88A	6298E	2826D
60	40/6BC	2/92C	1/24C	89/42A	40/2BC	76/3A	10340D	3984C
120	42/16AB	3/82B	1/62B	89/39A	48/7AB	84/2A	14250C	5259B
180	44/26A	4/13B	1/86A	88/42A	53/5A	88/6A	14250B	6193A
240	38/62C	4/66A	1/82A	88/77A	54A	83/9A	16240A	6165A

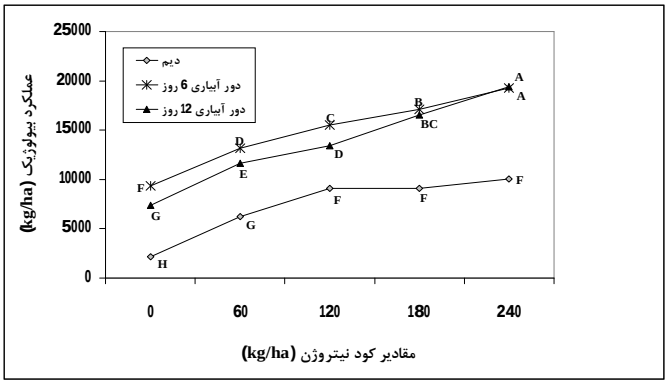
میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن می باشند و در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی داری ندارند

بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر تیمارهای دور آبیاری 12 روز و کاربرد 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان 19380 کیلوگرم در هکتار می باشد که با اثر متقابل همین مقدار کودی با تیمار دور آبیاری 6 روز تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد (شکل 1). بیشترین عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل کاربرد 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و دور آبیاری 6 روز به میزان 7246 کیلوگرم در هکتار می باشد که با اثرات متقابل مصرف کودهای 180 و 240 کیلوگرم در هکتار در تیمارهای دور آبیاری 6 و 12 روز تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد (شکل2).

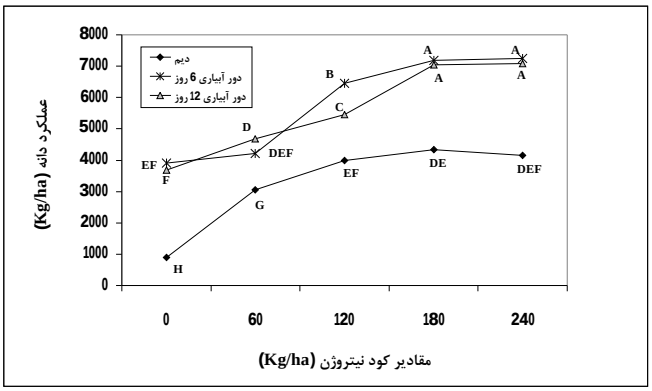
کمترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل شرایط بدون آبیاری و عدم مصرف کود نیتروژن به ترتیب با مقادیر 2158 و 890/3 کیلوگرم در هکتار می باشد (شکل 1 و 2).

در شرایط اثر متقابل تیمارها، بیشترین کارآیی مصرف آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به ترتیب مربوط به اثر متقابل عدم آبیاری و کاربرد کودهای 240 و 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با مقادیر 6/82 و 2/94 کیلوگرم بر متر مکعب می باشد (شکل 4 و 5).

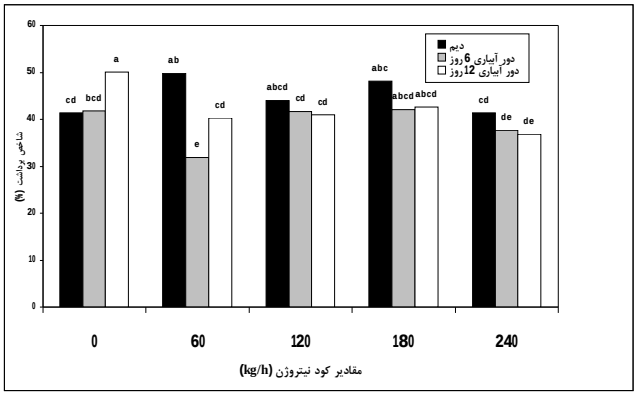
عدم مصرف کود نیتروژن در تمام تیمارهای آبیاری منجر به کاهش شدید کارآیی مصرف آب گردید به طوری که کمترین کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل عدم مصرف کود نیتروژن و دور آبیاری 6 روز به ترتیب با مقادیر 1/43 و 0/59 کیلوگرم بر مکعب حاصل می گردد که با اثر متقابل همین تیمار کودی در شرایط بدون آبیاری تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد (شکل 4 و 5).



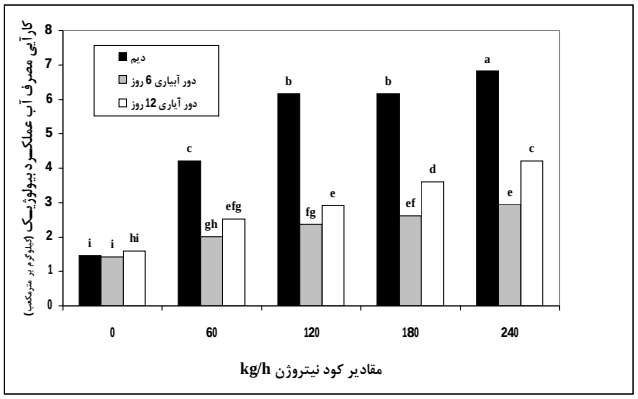
شکل 1- اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک



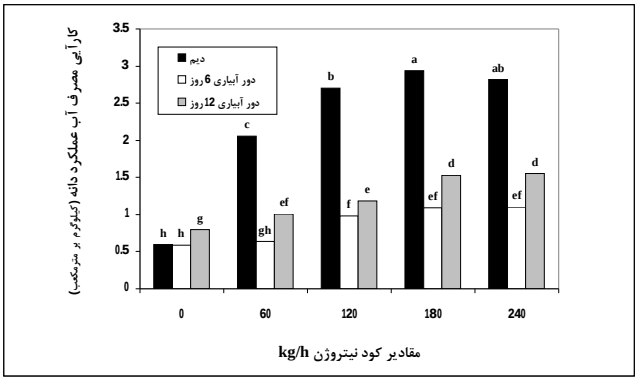
شکل 2- اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه



شکل 3- اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر شاخص برداشت



شکل 4- اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک



شکل 5- اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف آب عملکرد دانه

بحث

در شرایط کمبود رطوبت پتانسیل آب برگ به شدت کاهش یافته و منفی می گردد. گیاه در صورتی آب اضافی در اختیار داشته باشد آنرا از ریشه به اندام های هوایی می فرستد این امر در شرایط کمبود رطوبت در آزمایش حاضر منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ می گردد.

منصوری فر و همکاران (20) با اعمال کمبود آب در طی مراحل رشد رویشی، زایشی، رویشی-زایشی و شرایط آبیاری و مقایسه میانگین داده ها دریافتند که اعمال تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد گیاه باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ می شود. کاهش محتوای آب نسبی برگ و تاثیر منفی آن بروی عملکرد ماده خشک در سطوح مختلف تنش آبی در بسیاری از گونه های گیاهی گزارش شده است (11).

در شرایط کمبود آب به دلیل القاء هورمون آبسیسیک اسید روزنه ها بسته می شوند تا بدین طریق گیاه تعرق خود را پایین نگه دارد در نتیجه هدایت روزنه ای کاهش می یابد. علت افزایش کارآیی مصرف آب در شرایط تنش رطوبتی را شاید بتوان به واکنش فیزیولوژیک گیاه که مربوط به عملکرد روزنه هاست نسبت داد.

کمبود آب منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گردید. علت این امر کاهش سطح برگ بر اثر کمبود آب می باشد. کمبود آب در مراحل ابتدائی رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ می شود (5). پاندی و همکاران (26) گزارش نمودند که کمبود آب در هر دو مرحله از رشد رویشی و زایشی باعث کاهش شاخص سطح برگ می شود. کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط کم آبی می تواند به دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ، کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز باشد (30). کریمی و همکاران (15) اثر تیمارهای آبیاری شامل بدون آبیاری و آبیاری پس از تخلیه 100، 75 و 50 درصد رطوبت قابل دسترس را بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه ای در استان گیلان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص سطح برگ به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار می‌گیرد و به شدت کاهش می یابد. به نظر می‌رسد در تیمارهایی که تحت تنش رطوبتی بودند به دلیل عدم گسترش برگ‌ها، پیری زودرس برگ‌های پایین و ریزش زود هنگام آن ها شاخص سطح برگ به طور معنی دار کاهش می‌یابد. چاکر (5) گزارش کرد که کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و رشد و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. اسبورن و همکاران (25) بیان نمودند که کم آبی پیش از گلدهی، هنگام گلدهی و پس از آن عملکرد دانه ذرت را 25، 50 و 21 درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش می دهد. در آزمایش فوق بین تیمارهای آبیاری 6 و 12 روزه در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی داری وجود ندارد. علت این امر فراهم شدن رطوبت کافی در تیمار آبیاری 12 روز در مراحل زایشی و بخصوص گلدهی می باشد که باعث شده اختلاف معنی داری در صفات موثر در عملکرد دانه بین تیماهای آبیاری 6 و 12 روزه وجود نداشته باشد. اگرچه ذرت گیاهی است که از نیاز آبی بالایی برخوردار است اما صفات موثر در عملکرد دانه بیشتر تحت تاثیر کمبود آب در مرحله زایشی قرار می گیرد (5). علت کاهش مقادیر کلروفیل برگ در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن در گیاه، به دلیل کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ ها می باشد (18). اما مصرف کود نیتروژن تا مقادیر 180 و 240 گیلوگرم در هکتار منجر به افزایش مقادیر کلروفیل برگ گردید که با نظر با نظر ماجور و همکاران (19) مطابقت دارد. علاوه بر کمبود نیتروژن عدم آبیاری نیز منجر به کاهش کلروفیل برگ گردید.

منصوری فر و همکاران (20) بیان نمودند که اعمال شرایط کمبود آب منجر به کاهش مقادیر کلروفیل برگ می شود. مقایسه میانگین داده های آن ها نشان داد که با اعمال تنش کمبود آب سبزینگی گیاه 8-10 و 18 درصد به ترتیب در طی مراحل رویشی و زایشی کاهش می یابد. اثر معنی دار نیتروژن و استرس خشکی بر مقادیر کلروفیل برگ توسط دوراس و سایلس (7) نیز گزارش شده است. شفر و همکاران (28) بیان نمودند که حداکثر مقدار عملکرد بیولوژیک با کاربرد 200 کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک برای تیمار شاهد (بدون مصرف کود) حاصل می شود. دیپنبروک (6) دریافتند که با افزایش نیتروزن تا 250 کیلوگرم بر هکتار میزان عملکرد بیولوژیک به طور خطی افزایش می یابد. کاترجی و همکاران (16) گزارش نمودند که عملکرد دانه با افزایش نیتروژن افزایش می یابد و حداکثر عملکرد دانه با کاربرد 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست می آید با کاربرد بیشتر آب در آبیاری در تیمارهای 6 و 12 روز به همراه افزایش مقادیر کود نیتروژن تا مقادیر 180 و 240 کیلوگرم در هکتار به همان نسبت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. به طوری که به ترتیب منجر به افزایش 88/86 و 87/71 درصدی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد آبیاری و کود نیتروژن گردید.

موسر و همکاران (23) و اونیل و همکاران (24) نشان دادند که ذرتهای پرورش یافته در شرایط آبیاری نیاز به نیتروژن بیشتری برای رسیدن به حداکثر عملکرد دارند نسبت به گیاهانی که تحت شرایط کم آبی قرار می گیرند. کریمی و همکاران (15) اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن را بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نشان دادند. منصوری فر و همکاران (20) بیان نمودند که در شرایط استرس خشکی که محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه کاهش می یابد، افزایش کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب می گردد.

قیصری و همکاران (10) اثر معنی دار آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک را نیز گزارش دادند و بیان نمودند که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر متقابل تیمار کودی صفر و کمبود آبیاری با 6450 کیلوگرم بر هکتار و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر متقابل تیمار کودی 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری کامل با 19899 کیلوگرم در هکتار بدست می آید و در شرایط کمبود آب افزایش نیتروژن تاثیر چندانی بر عملکرد بیولوژیک ندارد در نتیجه شاهد کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک در اثر کمبود آب در تمام سطوح نیتروژن می باشیم. کاهش مقدار آب آبیاری بر شاخص برداشت گیاه تأثیر گذاشت. شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه های رویشی گیاه و دانه می باشد از آنجایی که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. اما براساس فرمول شاخص برداشت هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر قرار گیرد باعث تغییر شاخص برداشت می شود. براساس تحقیقات مجیدیان و همکاران (18) مقدار آب آبیاری تأثیر معنی دار بر شاخص برداشت دارد و و بالاترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری معادل 100 درصد نیاز آبی گیاه به میزان 52/75 درصد بدست می آید.

علت کاهش کارآیی مصرف آب در شرایط آبیاری مطلوب به این دلیل است که در شرایط کمبود آب گیاه قادر است روزنه‌ها را مقداری بسته تر نگه دارد. این امر بر خروج آب از گیاه و ورود دی اکسید کربن و تجمع ماده خشک اثر می‌گذارد، لیکن مقدار تأثیر یکسان نیست و خروج آب بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد و بدین ترتیب نسبت ورودی و خروجی در گیاه (کارآیی مصرف آب) افزایش می‌یابد (27). منصوری فر و همکاران (20) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که بالاترین مقدار

کارآیی مصرف آب در ذرت در شرایط اعمال کمبود آب حاصل می گردد.

کریمی و همکاران (14) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل، بر کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال 1 درصد تأثیر گذار می‌باشد. افزایش مصرف کود نیتروژن موجب افزایش کارایی مصرف آب در تمام تیمارهای آبیاری شد. اما این افزایش در شرایط دیم بیشتر از تیمار آبیاری 12 روز و در تیمار آبیاری 12 روز بیشتر از تیمار آبیاری 6 روز بدست آمد. افزایش مقدار آبیاری در شرایطی که کود نیتروژن مصرف نگردید، موجب افزایش کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه نشد (شکل 7).

در پژوهشی که حسینی و الجلود (12) در مورد اثرات متقابل مقادیر مختلف آب و نیتروژن بر میزان تولید و کارآیی مصرف آب برای جو انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کاربرد نیتروژن باعث افزایش قابل ملاحظه ای در کارآیی مصرف آب می شود و کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش تولید بهینه جو و کارآیی مصرف آب می گردد. واعظی و همکاران (33) با تحقیقات که بر روی ذرت علوفه ای به روش کود - آبیاری بارانی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان کود در کود - آبیاری کارآیی مصرف آب به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد.

نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای آبیاری 6 و 12 روز و کاربرد 180 و 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل می گردد. با اعمال مصرف بهینه کود نیتروژن چون عملکرد افزایش می یابد کارآیی مصرف آب نیز از این طریق افزایش می یابد، اگرچه در شرایط دیم حداکثر کارآیی مصرف آب حاصل گردید اما با توجه به اینکه در تیمارهای آبیاری 12 روز و کاربرد 180 نیتروژن در هکتار کارآیی مصرف آب مطلوبی حاصل می گردد و با توجه به نظام بهره برداری و ارزش اقتصادی آب و جهت نیل به حداکثر عملکرد با حداکثر کارآیی مصرف آب و مصرف بهینه کود نیتروژن به نظر می رسد مطلوب ترین تیمار آبیاری و کودی می باشد.

منابع مورد استفاده

1) Ahyaei, A.A. and Behbahanizadeh, M. 1993. Methods of soil chemical analysis. Volume (1), Soil and Water Research Institute, Tehran.
2) Alizadeh, A. Majidi. A. Nadian, H. Noormohammadi, GH. And Ameriyan, M. 2007. Effect of drought stress and different nitrogen levels on phenology and growth of maize. Agricultural Sciences and Natural Resources, Volume (4), Number (5).
3) Berenguer, P. Sativeri, F. Boixadera, J. and LIoreras, J. 2009. Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. Europe Journal Agronomy. 30: 163-171.
4) Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental, Munich. 217 P. Ph.D. Thesis.
5) Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crop Research. 89: 1-16.
6) Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of water oilseed rape. A review. Field Crop Research. 67: 35-49.

7) Dordas, C.A., Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Ind. Crops Prod. 27, 75–85.
8) Earl, H. J. and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of Maize. Agronomy Journal. 95: 688-696.
9) Ezadi, M. And Imam, Y. 2010. Planting pattern, plant density and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize single cross 704. Iranian Journal of Crop Sciences. Volume (12), Issue 3.
10) Gheysari, M. S. Mirlatifi, M. Bannayan, M. Homaee, M. and Hoogenboom, G. 2009. Interaction of water and nitrogen on Maize for silage. Agriculture Water Management. 96: 809-821.
11) Gubis, J. Vankova, R. Cervena, V. Dragunova, M. Hudcavicova, M. lichtnerova, H. Dokupil, T. and Jurekova, Z. 2007. Transformed tobacco plants with increased tolerance to draught. South African Journal, Bat. 73: 505-511.
12) Hussain, G. H. and Al-Jaloud, A. 1998. Effect of Irrigation and Nitrogen on Yield, Yield Components and water use efficiency of barly in Saudi Arabia. Agric Water Management. 36: 55-70.
13) Igbadum, H. E. Tarimo, A. K. P. R. Salim, B. A. and Mahoo H.F. 2007. Evaluation of selected crop water production functions for an irrigated Maize crop. Agric Water Management. 94: 1-10.
14) Karimi, A. Homari, M. Mazardelan, M. Liaqat, A. And Raeisi, F. 2006. Effect of fertilizer - irrigation on corn yield and water use efficiency of drip irrigation method- manuscript. Journal of Agricultural Science, Year (12), Number (3).
15) Karimi, M. Esfahani, M. Bigoei, M. Rabiei, B. And Ghasemi Kafi, A. 2009. The effect of deficit irrigation treatments Brsfat morphological and growth parameters of maize silage in Rasht weather conditions. Electronic journal produced crops. Volume (2), Issue (2),91-110.
16) Katerji, N. J. Hoorn, W. Hamdy, A. and Mastroilli, M. 2004. Comparison of corn Yield response to Plant water stress Caused by salinity and by drought. Agriculture Water Manage,. 65: 95-107.
17) Khodabandeh, N. 2000. Cereals. Tehran University Press, 537 pp.
18) Majidian, M. Ghalavand, A. Karimian, N. And Haghighi, A. 2008. Effect of Nitrogen Fertilizer, manure and irrigation water yield and yield components of maize. Electronic Journal of crop production. Volume (1), Issue (2), 67-86.
19) Major, D.J., Baumeister, R., Toure, A., and S. Zhao. 2003. Digital imaging and spectral techniques (Application to precision agriculture and crop physiology). ASA-CSSA-SSSA. Special Publication, Madison. USA. pp: 81-93.
20) Mansouri-Far, C. Modarres sanavy, S. A. M. and Saberali, S.F. 2010. Maize Yield response to deficit irrigation during Low Sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agric Water Manage,. 97: 12-22.

21) Mekonen, A. 2011. Deficit irrigation practices as alternative means of improving water use efficiencies in irrigated agriculture:case study of maize crop at Arba Minch Ethiopia. African Journal of Agricultural Research. Vol 6, 2: 226-235.
22) Montajebi, N. And Vaziri, ZH. 2004. Effect of irrigation scheduling on yield and water use efficiency of wheat in Golpayegan. Journal of Soil and Water Sciences. Volume (18). Number (1).
23) Moser, S. B. Feil, B. Jampatong, S. and Stamp, P. 2006. Effects of pre-anthesis drought nitrogen fertilizer rate and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. Agric Water Management. 81:41-58.
24) O'Neil, P. M. Shanahan, J. F. Shepers, J. S. and Caldwel, B. 2004. Agronemic responses of corn hybrids from different areas to deficit and adequate level of water and nitrogen. Agron Journal. 96: 1660-1667.
25) Osborne, S. L. Schepers, J. S. Francis, D. D. and Schlemmer, M.R. 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. Crop Science. 42: 165-171.
26) Pandey, R. K. Maranville, J. W. and Chetima, M.M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. Shoot growth. Agric Water Manage,. 46: 15-27.
27) Sharmasarkar, F. C. Sharmasarkar, S. Miller, S. D. Vance, G. F, and Zhang, R. 2001. Assesment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugar beets. Agric Water Manage,. 46: 241-251.
28) Sheafer, C. C. Halgerson, J. L. and Jung, H.G. 2006. Hybrid an N fertilization affects corn silage yield and quality. J, Agronomy and Crop Science. 192: 278-283.
29) Sing, N.P., and S.K. Sinka. 1997. Water use efficiency in crop production. In: Water requirement and irrigation management of crops in India, ed. Water technology center. Pp, 289-335. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
30) Sioseh Mardeh, A. Ahmadi, A. Postini, K. And h. Ebrahimzadeh, H. 2005. Stomatal and non-stomatal limitation of photosynthesis and its relation with drought-resistant wheat varieties. Journal of Agricultural Science. Volume (35). Number (1).
31) Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. Adv. Agron., 39: 53-85.
32) Struike, P. G. Dooregeest, M. and Boonman, J.G. 1986. Environmental effects on flowering characteristics and kernel set of Maize. Journal of Agriculture Science. 34: 469-484.
33) Vaezi, A. Homaei, M. And Malekoti, M. 2002. Effect of fertilizer - fertilizer and irrigation water use efficiency in forage maize. Journal of Soil Water Sciences, Volume (16), Issue (2), pp. 152-160.
34) Villar-Mir, J. M. Villar-Mir, P. Stockle, C. O. Ferrer, F. and Aran, M. 2002. On-farm monitoring of soil nitrate-nitrogen in irrigated cornfields in the Ebro valley (Northeast Spain). Agron Journal., 94: 373–380.
35) Weatherly, P. E. and Barrs, C. 1965. A re-examination of the relative turgidity thechnique for estimating water deficit in leaves. Australia J Biology Science. 15: 413-428.