# Crop Science Research in Arid Regions

**homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/**

**Research Article**
Volume 7, Issue 3, 2025, P. 653-669


# Investigating the efficiency of light consumption and yield of different hybrids of corn in the condition of removing leaves and cobs


**Eshagh Hojatipour [a], Hamidreza Miri [*b], Barmak Jafari Haghighi [b], Hamidreza Ebrahimi [b], Abdolreza Jafari [b]**

[a] Ph.D Student, Department of Agronomy, Arsanjan Branch, Islamic Azad University, Arsanjan, Iran
[b] Department of Agronomy, Arsanjan Branch, Islamic Azad University, Arsanjan, Iran

[*]Corresponding Author: h.miri@yahoo.com



Received: 9 December 2024 Accepted: 7 June 2025 **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.461341.1419**

**How to cite this article:**
Hojatipour, E., Miri, H., Jafari Haghighi, B. and Ebrahimi, H., 2025. Investigating the efficiency of light consumption and yield of different hybrids of corn in the condition of removing leaves and cobs. *Crop Science Research in Arid Regions*, *7*(3), 653-669.
https://doi.org/10.22034/csrar.2025.461341.1419



## Abstract

**Introduction:** One of the important factors that affects the growth of plants is the amount of light in the vegetation layers, and this condition may have a destructive effect on the yield of the product. Efficient crop species can absorb a larger fraction of light and convert it into biomass with a higher conversion factor. Corn is one of the cereals that shows good tolerance to controlled defoliation. Also, researches have shown that the low light stress is one of the most important factors affecting the plant metabolism and causes a decrease in plant yield. Although there is no radiation deficiency in Iran in terms of the amount of radiation and light conditions, the density of vegetation reduces the penetration of light to the lower layers of vegetation, and this affects the yield of the crop.
**Materials and Methods:** The study was conducted as a factorial design based on a completely randomized blocks design in 3 replications in 2022-2023 in the agricultural fields of Zafarabad in Shiraz. In order to evaluate the effects of removing leaves and a part of the ear on the light use efficiency and yield of some corn hybrids. The treatments included detopping and removing a part of the ear at 3 levels (control, removal of half of the ear, and removal of two leaves above and below the ear) and 7 corn hybrids (SC704, Konsor, Kordona, Karaj 703, Koosha, Fajr, and Danial 690). Sampling was done once every 14 days, one month after planting, to calculate the physiological indicators of growth.
**Results and Discussion:** The results showed that the effect of year on CGR, remobilization, and light consumption efficiency was significant. The simple and interaction effects of detopping and hybrid on all studied traits were significant. The highest value of CGR (40.23 g/m2 per day) was obtained in the treatment of the removal of two upper and lower leaves of the ear and Danial 690 hybrid. The highest value of RGR (0.0565 g/g per day) was obtained in the treatment of removing two upper and lower leaves of the ear × hybrid SC704. The highest levels of remobilization (169.2 g/m2), the contribution of remobilization in grain (19.85 percent), light use efficiency (2.9 g dry matter per MJ), and grain yield (11260 kg/ha) were obtained in the treatment of removing the two upper and lower leaves of the ear and the Konsor hybrid. The highest value of LAI (6.05) was obtained in hybrid SC704

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

and the lack of detopping. Regarding remobilization, the contribution of remobilization, efficiency of light consumption, and grain yield, the Konsor hybrid had the highest value.
**Conclusion:** In summary, regarding physiological traits, hybrids SC704 and Karaj 703 had the highest yield. Generally, increasing light penetration into vegetation under the effect of detopping showed a positive impact on the increase of grain yield and the efficiency of light consumption in different cultivars. It is suggested that corn varieties be planted in different regions and agricultural lands of Shiraz city in such a way that there is a desirable distance for receiving light in the lower canopy layers, because at high levels, it is not possible to cut off leaves and part of the ear. This research was also conducted to investigate the light status in different canopy layers, especially the lower parts, and to investigate the yield status. It was carried out at a limited level. For higher levels, varieties with more vertical leaves and light that can reach the lower parts of the canopy can be used. Considering the nutritional value and consumption status of this plant, a higher yield can be achieved, and it is economically viable.
**Keywords:** Canopy, Crop growth rate, Defoliation, Yield

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، ص ۶۶۹-۶۵۳

مقاله پژوهشی

# بررسی کارآیی مصرف نور و عملکرد هیبریدهای مختلف ذرت در شرایط حذف برگ و بلال

اسحاق حجتی پور[۱]، حمیدرضا میری*[۲]، برمک جعفری حقیقی[۲]، حمیدرضا ابراهیمی[۲]، عبدالرضا جعفری[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران

۲- گروه زراعت، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران

* مسئول مکاتبه: h.miri@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸ **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.461341.1419**

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر حذف برگ و بلال بر کارآیی مصرف نور و عملکرد ذرت، پژوهشی در شیراز انجام شد. تیمارها شامل حذف برگ و بخشی از بلال در ۳ سطح و ۷ هیبرید ذرت بود. بر اساس نتایج، اثر سال بر سرعت رشد گیاه (CGR)، انتقال مجدد و کارآیی مصرف نور معنی‌دار بود. اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بلال و هیبرید بر همه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بیشترین مقدار CGR (۴۰/۲۳ گرم بر متر مربع در روز) در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید دانیال ۶۹۰ به‌دست آمد. بیشترین مقدار RGR در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال در هیبرید SC704 به میزان ۰/۰۵۶۵ گرم بر گرم در روز به‌دست آمد. بیشترین مقدار انتقال مجدد (۱۶۹/۲ گرم در متر مربع)، سهم انتقال مجدد (۱۹/۸۵ درصد)، کارآیی مصرف نور (۲/۹ گرم ماده خشک در مگاژول) و عملکرد دانه (۱۱۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید کنسور به‌دست آمد. بیشترین مقدار LAI (۶/۰۵) در هیبرید SC704 و عدم حذف به‌دست آمد. از لحاظ انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، کارآیی مصرف نور و عملکرد دانه، هیبرید کنسور و از لحاظ صفات فیزیولوژیکی، هیبریدهای SC704 و کرج ۷۰۳ مقادیر بالا را داشتند. در مجموع افزایش ورود نور به پوشش گیاهی تحت تأثیر حذف بر افزایش عملکرد دانه و کارآیی مصرف نور در ارقام مختلف اثر مثبت افزایشی نشان داد. همچنین افزایش ضریب نفوذ نور ناشی از حذف بر بهبود خصوصیات رشدی ارقام مختلف، اثر مثبت افزایشی نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** سرعت رشد محصول، عملکرد، کانوپی، برگ‌زدایی

## مقدمه

یکی از عوامل مهمی که بر رشد گیاهان اثرگذار است میزان نور در طبقات مختلف پوشش گیاهی می‌باشد و این موضوع ممکن است تأثیر مخربی بر عملکرد محصول داشته باشد (García-Barrios, 2003). بنابراین اگر یک گونه گیاهی بتواند ضمن جذب کسر بیشتری از نور آن را با ضریب تبدیل بالاتری به زیست توده تبدیل کند در تولید بیشتر زیست توده و محصول موفق‌تر خواهد بود (Mostafavi *et al.*, 2019). با توجه به خطی بودن رابطه بین زیست توده تولیدی و تابش تجمعی دریافتی گیاه کارآیی مصرف نور به‌صورت شیب خط رگرسیون بین میزان ماده خشک تجمعی و مقدار تابش جذب شده تجمعی در طول دوره رشد تعریف می‌شود (Lindquist *et al.*, 2005; Jahan *et al.*, 2013). رقابت بر سر نور یک فرآیند لحظه‌ای استفاده از منبع می‌باشد و کارآیی استفاده از نور به کارآیی جذب و مصرف آن بستگی دارد. مقدار نور جذب شده و کارآیی مصرف نور به‌عنوان دو عامل مهم در تولید زیست توده بیان می‌گردد (Boras and Otegui, 2002). افزایش عملکرد ناشی از نور به شرایط محیطی و ژنتیکی بستگی دارد که این فاکتورها بر کارآیی مصرف نور مؤثر می‌باشند (Goldani *et al.*, 2010). از جمله شرایط محیطی مهم در افزایش عملکرد گیاهان در حضور نور وجود مواد غذایی می‌باشد (Alizadeh, 2018). از میان عوامل مدیریتی، میزان تابش موجود در محیط تحت کنترل نیست و به فصل سال، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ترکیبات اتمسفر منطقه بستگی دارد. اما میزان جذب تابش توسط گیاه وابسته به شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد (Tohidi *et al.*, 2012). همچنین محققین بیان کردند که کاهش کارآیی مصرف نور به ازای واحد نور جذب شده به‌وسیله اندازه‌گیری میزان ماده خشک تجمع یافته در واحد نور جذب شده در یک دوره زمانی محاسبه می‌شود (Stone and Davis, 2001).

کمبود نور به‌ویژه در شرایط تنش رطوبت، ساختمان پوشش

گیاهی، الگوی انتشار تابش در داخل پوشش گیاهی و در نهایت، کارآیی مصرف نور را در گیاه تحت تأثیر قرار خواهد داد (Earl and Davis, 2003). محققین اعلام کردند که حذف سطح فتوسنتزی گیاه ذرت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (Salahi Moghadam and Rahimian Mashhadi, 1992). در پژوهشی گزارش شده که کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی توسط کانوپی که ناشی از کاهش سطح برگ می‌باشد، منجر به پژمردگی و جمع شدن پهنک در شرایط تنش شدید نوری و در نهایت پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌شود (Earl and Davis, 2003). همچنین گزارش شده که تعداد بلال در بوته با افزایش تراکم بوته روند کاهشی نشان داد و بیشترین تعداد بلال در بوته در تیمار اثر متقابل تراکم، ۵۳۰۰۰ بوته در هکتار و قطع گل تاجی و سه برگ بالای بلال اصلی به‌دست آمد. بیشترین میزان وزن دانه در بلال، در اثر اعمال تیمار قطع گل تاجی به دلیل کاهش رقابت گل تاجی و سنبله ماده در کسب مواد فتوسنتزی به‌دست آمد. در میان تیمارهای حذف برگ و بلال، بالاترین عملکرد دانه در تیمار قطع گل تاجی حاصل شد (Sharifi and Tajbakhsh, 2016). کارآیی مصرف نور ذرت، در شرایط مطلوب (بدون تنش) تا پیش از دوره پر شدن دانه حدود ۳/۵ گرم بر مگاژول تابش فعال فتوسنتزی حاصل شد (Kiniry *et al.*, 1998). همچنین در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام اصلاح شده و ارقام قدیمی به ترتیب حدود ۳ و ۲/۴ گرم بر مگاژول تابش فعال فتوسنتزی گزارش شده است (Emam and Seghateleslami, 2005).

به‌نظر می‌رسد حذف دو برگ بالای بلال ذرت از طریق بهبود میزان نور و افزایش میزان و سرعت فتوسنتز باعث بهبود سرعت کارآیی مصرف نور و به تبع آن، افزایش رشد محصول و تجمع ماده خشک کل ذرت می‌گردد و از این طریق کارآیی مصرف تابش را افزایش می‌دهد. از طرفی برای دستیابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع پوشش گیاهی، دستیابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین دوام سطح برگ بالاتر برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد گیاه در زمان مطلوب است (Beheshti *et al.*, 2003). تولید ماده خشک گیاهی به‌عنوان تابعی از میزان تابش جذب شده در طول دوره رشد و کارآیی مصرف تابش تحت تأثیر ساختار کانوپی می‌باشد. در همین راستا، نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که فتوسنتز و تولید زیست توده به‌طور مستقیم مرتبط با میزان تابش جذب شده توسط کانوپی است. برخی از ابزارهای مدیریتی مانند تغییر تراکم و تغییر ساختار کانوپی می‌توانند بر مقدار این شاخص تأثیر داشته باشند (Caviglia *et al.*, 2004).

جذب تابش توسط کانوپی به شاخص سطح برگ، چگونگی آرایش برگ‌ها و خاصیت انعکاس سطح برگ و خاک بستگی دارد. همچنین اندازه و تعداد انشعابات تاج گل گیاه بر نفوذ و جذب تابش توسط کانوپی گیاه مؤثر است. کاهش جذب تابش توسط پوشش گیاهی پس از گرده‌افشانی، ناشی از پیری تدریجی برگ‌های پائین و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی است (Vargas *et al.*, 2002). نتایج مطالعات زیادی در مورد اثرات برگ‌زدایی بر عملکرد دانه گیاهان نشان داده که برگ‌زدایی در نزدیکی مرحله گلدهی منجر به کاهش عملکرد دانه به دلیل کاهش فتوسنتز شد (Abdi *et al.*, 2002). همچنین گزارش شده برگ‌زدایی به دلیل کاهش وزن هزار دانه منجر به کاهش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار کنترل گردید. بنابراین می‌توان گفت برگ‌های میانی ساقه نسبت به سایر برگ‌ها به دلیل سطح بزرگ‌تر و مشارکت فعال در فتوسنتز دارای بیشترین اهمیت هستند (Abbaspour *et al.*, 2003).

همان‌طور که قبلاً بیان شد، وجود رابطه خطی بین نور جذب شده و بیومس در بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده و در این راستا ارزیابی ماده خشک تولیدی در گیاهان زراعی با محاسبه کارآیی مصرف نور انجام می‌شود (Tsubo *et al.*, 2003). در این خصوص محققین گزارش نمودند که تجزیه و تحلیل رشد، یک روش ارزیابی کمی رشد و نمو گیاهان با استفاده از یک سری معادلات ریاضی خاص بوده که در واقع واکنش گونه‌های گیاهی را نسبت به شرایط محیطی تشریح و توصیف می‌نماید (Majdnasiri and Ahmadi, 2004).

به‌منظور دستیابی به بیشترین عملکرد دانه در ذرت، وجود سطح برگ کافی برای دریافت انرژی تابشی ضروری است (Westgate *et al.*, 2004).

به همین دلیل توجه به ویژگی‌های ساختار گیاهی به‌منظور ایجاد سایه‌اندازی که بتواند حداکثر تابش لازم برای فتوسنتز را دریافت و جذب کند، یکی از اهداف مهم می‌باشد. به‌دلیل ظرفیت زیاد فتوسنتزی در ذرت، ساقه می‌تواند منبع ذخیره مازاد تولید و منبع انتقال هیدرات‌های کربن غیر ساختمانی در

دوره پس از گلدهی باشد و نقش مهمی در پر کردن دانه‌ها ایفا نماید (Rodrigo *et al.*, 2007).

کارایی مصرف نور بیانگر مقدار ماده خشک تولید شده به ازای واحد نور جذب شده است و واحد آن گرم ماده خشک تولید شده بر مگاژول تشعشع جذب شده می‌باشد. علاوه بر جذب تابش، کارآیی مصرف نور دیگر مؤلفه تأثیرگذار بر تولید ماده خشک است (Hosseinpanahi, 2008).

با توجه به اینکه ذرت یکی از محصولات مهم در ایران می‌باشد که در صنایع غذایی و دامداری مورد استفاده می‌باشد، استفاده از روش‌های به‌زراعی برای افزایش عملکرد این محصول ضروری می‌باشد. لذا هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی اثر حذف برگ و بلال بر کارآیی مصرف نور و عملکرد دانه هفت هیبرید ذرت در شهرستان شیراز می‌باشد تا میزان تأثیر نور بر خصوصیات عملکردی و افزایش تولید دانه در این گیاه و همچنین پاره‌ای خصوصیات دیگر تشریح و تعیین گردد که آیا میزان نور ورودی به قسمت‌های زیرین پوشش گیاهی در افزایش عملکرد دانه تأثیر دارد یا خیر.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی متوالی (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) در یک مکان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اراضی زراعی روستای ظفرآباد واقع در ۸ کیلومتری جنوب شرقی شهر شیراز با مختصات جغرافیائی ۲۹ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع ۱۴۸۶ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق معتدل نیمه‌خشک محسوب می‌شود. بر اساس آمار و اطلاعات بلندمدت هواشناسی در شهر شیراز، در طی دوره رشد متوسط، حداقل و حداکثر ماهانه درجه حرارت هوا بین ۱۴ تا ۳۲ درجه سلسیوس به‌ترتیب متعلق به ماه‌های اردیبهشت و تیرماه می‌باشد. نزولات جوی منطقه از نوع باران با میانگین سالانه ۲۵۳ میلی‌متر بود (Habibi, 2013).

تیمارهای تحقیق شامل حذف برگ و بخشی از بلال، ده روز پس از گرده‌افشانی در ۳ سطح شاهد، حذف نیمی از بلال و حذف دو برگ بالا و پایین بلال و همچنین ۷ هیبرید ذرت شامل SC704، کنسور، کوردونا، کرج ۷۰۳، کوشا، فجر و دانیال ۶۹۰ بود (جدول ۱).

**جدول ۱- خصوصیات هیبریدهای مورد استفاده در پژوهش**

**Table 1- Characteristics of hybrids used in the research**

| هیبرید Hybrid | دوره رشد Growth period (day) | ارتفاع بوته Plant heigh (cm) | عملکرد دانه Seed yield (ton/ha) | وضعیت رشدی Growth situation | سال معرفی Year of release | طول بلال Cob length (cm) | تعداد ردیف دانه Number of seed rows |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SC704 | 125-135 | 320 | 8-9 | دیر رس Late Mature | 1359 | 22-28 | 16 |
| کنسور Konsor | 120-125 | 290-320 | 14-16 | دیر رس Late Mature | 1384 | 22-26 | 14-16 |
| کوردونا Kordna | 120-125 | 280-330 | 13-15 | دیر رس Late Mature | 1385 | 24-26 | 14-16 |
| کرج ۷۰۳ Karaj703 | 120 | 270-300 | 8-10 | میان رس Semimature | 1391 | 16-18 | 14-16 |
| کوشا Koosha | 120 | 270-290 | 13-15 | میان رس Semimature | 1395 | 16-20 | 14-16 |
| فجر Fajr | 110-115 | 200-280 | 10-11 | زود رس Premature | 1386 | 18-22 | 14-16 |
| دانیال ۶۹۰ Danial690 | 120 | 280-340 | 7-9 | میان رس Semimature | 1396 | 22-24 | 14-16 |

در بهار سال اول در زمینی که به‌صورت آیش بود پس از آبیاری و گاورو شدن خاک، عملیات شخم انجام و توسط دو دیسک عمود بر هم کلوخه‌ها خرد و زمین مورد نظر کرت‌بندی شد. سپس نمونه‌های مرکب از خاک کرت‌ها تهیه و جهت

تعیین میزان عناصر و آزمون خاک به آزمایشگاه ارسال گردید. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲، کود نیتروژن مورد نیاز به میزان ۵۵/۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره برای هر کدام از کرت‌ها توزین و نصف کود نیتروژن در زمان کاشت به زمین داده شد. باقی‌ملنده کود نیتروژن نیز در دو مرحله ۱ و ۲ ماه پس از کاشت، به‌صورت سرک مصرف شد. ۳۹/۶ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص از منبع سولفات پتاسیم نیز قبل از کاشت در سطح کرت‌ها پخش و با خاک مخلوط گردید. بذر هیبریدهای مورد بررسی بر اساس ۷ بوته در هر متر مربع در همه کرت‌ها به‌طور یکسان در ردیف‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر هم‌زمان با رسیدن میانگین دمای هوا به ۹ درجه سلسیوس (در تاریخ ۱۰ فروردین در سال اول و ۷ فروردین در سال دوم) به‌طور منظم با دست کاشته شد.

**جدول ۲- خصوصیات دمایی و بارندگی محل اجرای پژوهش**

**Table 2- The temperature and rainfall properties of research site**

| سال Year | میانگین دما Average temperature(mm) | | میانگین بارندگی بلند مدت Long-term average rainfall (mm) |
|---|---|---|---|
| | در زمان کاشت At time of planting | میانگین ماهانه Monthly average | |
| سال اول First year | 12 | 25.3 | 253 |
| سال دوم Second year | 12.2 | 27.2 | 253 |

**جدول ۳- خصوصیات خاک محل اجرای پژوهش**

**Table 3- The soil properties of research site**

| خصوصیات خاک Soil properties | سال اول First year | | سال دوم Second year | |
|---|---|---|---|---|
| | عمق خاک Soil depth (cm) | | عمق خاک Soil depth (cm) | |
| | 30-0 | 60-30 | 30-0 | 60-30 |
| شوری Salinity ($ds.m^{-1}$) | 1.44 | 1.32 | 1.36 | 1.1 |
| اسیدیته خاک(pH) Soil acidity | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.3 |
| نیتروژن Nitrogen (%) | 0.15 | 0.08 | 0.14 | 0.09 |
| فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$) | 11.4 | 7.01 | 8.2 | 6.9 |
| پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$) | 219 | 174 | 198 | 162 |
| رس clay (%) | 38 | 35 | 39 | 34 |
| لای Silt (%) | 43 | 39 | 398 | 39 |
| شن sand (%) | 19 | 26 | 23 | 26 |
| مواد آلی Organic mater (%) | 1.1 | 0.87 | 1.08 | 0.89 |
| بافت خاک soil texture | لومی رسی clay loam | لومی رسی clay loam | لومی رسی clay loam | لومی رسی clay loam |

آبیاری به روش غرقابی و با استفاده از تایم‌سنج انجام شد. ده روز پس از اتمام مرحله گرده‌افشانی، حذف برگ و بلال بر

اســـاس تیمارهای تحقیق اجرا گردید و با اســـتفاده از قیچی، برگ‌ها و نصف بلال جدا شده و باقی‌مانده بلال درون غلاف قرار داده شـد و به‌وسـیله فویل بسـته شـد. نمونه‌برداری‌ها به‌منظور محاسـبه شـاخص‌های رشـدی، یک ماه پس از کاشـت به فاصلهٔ هر ۱۴روز یک‌بار و به تعداد سـه بوته در هر برداشـت در طول مراحل رشد تا مرحله ظهور ابریشم انجام شد و میانگین صفات LAI[1]، CGR[2]، انتقال مجدد، سـهم انتقال مجدد و کارآیی مصرف نور محاسبه گردید. سرعت رشد گیاه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$CGR = W2 - W1 / T2 - T1 \quad (۱)$$

(W2 – W1 : تغییرات وزن خشـک و T2 – T1 فاصـله زمانی نمونه‌برداری می‌باشد).

برای تعیین کارآیی مصـرف نور، ضـریب اسـتهلاک نوری و میزان تابش تجمعی جذب شـده در طول دوره رشـد اندازه‌گیری و کارآیی مصرف نور از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشـک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تابش فعال فتوسـنتزی تجمعی (مگـاژول بر متر مربع) برای هر کـدام از تیمارها محاسبه گردید (Tsubo and Walker, 2002).

برای اندازه‌گیری ضـریب اسـتهلاک نوری با اسـتفاده از دسـتگاه نورسـنج، یک بار شـدت نور در بالای جامعه گیاهی ($I_o$) و یک بار بر روی زمین یعنی زیر کانوپی گیاهی ($I_i$) اندازه‌گیری و پس از محاسبه شاخص سطح برگ بر اساس رابطه‌های ۲ و ۳ ضریب استهلاک نوری محاسبه شد.

$$L_n I_i/I_o = -K.LAI \quad (۲)$$

$$K= L_n I_o/I_i / LAI \quad (۳)$$

$I_i$: شدت نور در لایه I ام جامعه گیاهی،

$I_o$: شدت نور در بالای جامعه گیاهی،

K: زاویه برگ‌ها و LAI: شاخص سطح برگ

برای تعیین شـاخص سـطح برگ و اندازه‌گیری میزان تابش خورشیدی در محدوده تابش فعال فتوسنتزی در روزهای آفتابی بین سـاعات ۱۲ تا ۱۴ از دسـتگاه اندازه‌گیری سـطح برگ مدل CI-203 کمپانی Delta-T انگلسـتان و تابش‌سـنج دسـتی مدل HT-309 کمپانی HT Instruments کشـور ایتالیا که به‌طور همزمان میزان تابش در بالا و پایین پوشش گیاهی را اندازه‌گیری می‌کند، استفاده شد.

همراه با اندازه‌گیری شاخص سطح برگ میزان تابش در بالا و پایین پوشـش گیاهی در سـه نقطه از هر کرت به‌طور تصـادفی اندازه‌گیری و از میانگین آنها به عنوان تابش دریافتی در محدوده طیف تابش فعال فتوسـنتزی اسـتفاده شـد (Hammer and Wright, 2000).

همچنین به‌منظور محاسـبه انتقال مجدد ماده خشـک در مرحله ابریشـم‌دهی و رسـیدگی فیزیولوژیک، ۱۵ بوته به‌طور تصـادفی از هر کرت برداشـت شـد و نمونه‌ها به مدت ۴۸ سـاعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از خشک شـدن، وزن آنها محاسـبه شـد. میزان انتقال ماده خشـک از اندام رویشـی به دانه با اسـتفاده از روش پیشـنهادی محققین محاسـبه شد (Pampana, 2009; Ding *et al.*, 2016).

بدین منظور در پایان دوره رشد، عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های رویشـی محاسـبه و با اسـتفاده از رابطه ۴ میزان انتقال مجدد تعیین گردید.

(۴)

ماده خشـک در مرحله رسـیدگی (بجز دانه) - ماده خشـک در مرحله گرده‌افشانی = میزان انتقال مجدد

برای محاسبه سهم انتقال مجدد، از رابطه ۵ استفاده شد:

(۵)

۱۰۰*عملکرد دانه/میزان انتقال مجدد = سهم انتقال مجدد

## تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق اثر سال به‌عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شد. پس از جمع‌بنـدی داده‌هـای مورد نیـاز، ابتـدا برای تعیین یکنواختی داده‌های تحقیق، آزمون بارتلت انجام و سـپس تجزیه واریانس بـا اسـتفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۱ و مقایسـه میانگین داده‌ها نیز بر اسـاس آزمون LSD در سـطح احتمال ۱ درصد انجام گردید.

تحلیل داده‌ها بر اساس میانگین مربعات داده‌ها پس از آنالیز آماری و سطح معنی‌داری انجام شد.

مقایسـه میانگین‌ها مورد کاوش قرار گرفت و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشـترک داشـتند و در یک کلاس آماری قرار گرفتند و با هم اختلاف معنی‌دار نشان ندادند.

[1]-Leaf area index

[2]-Crop growth rate

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید در سطح آماری ۱ درصد بر شاخص سطح برگ (LAI[1]) معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. بررسی نتایج حاصل از جدول مقایسه اثر متقابل حذف و هیبرید برای LAI نشان داد که بین میانگین‌ها اختلاف وجود داشته و بیشترین مقدار LAI در هیبرید SC704 بدون حذف، به میزان ۶/۰۵ به‌دست آمد و این تیمار با تیمار هیبریدهای کوردونا، کوشا و فجر در شرایط بدون سرزنی در یک کلاس آماری قرار گرفته و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند. کمترین مقدار LAI نیز معادل ۲/۸۶ در هیبرید دانیال ۶۹۰ و حذف دو برگ بالا و پایین بلال به‌دست آمد و با هیبریدهای کوشا و کرج ۷۰۳ بدون سرزنی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار بدون حذف (شاهد) بود و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار حذف بود (شکل ۱). با کاهش شاخص سطح برگ، نفوذ نور به درون پوشش گیاهی افزایش یافت و این امر علاوه بر افزایش میزان فتوسنتز برگ‌های پایینی، سبب افزایش میزان LAI و سرعت رشد محصول (CGR[2]) گردید. محققین گزارش کردند به‌دلیل کمبود نور زمانی که گیاه در معرض تراکم بیش از حد قرار می‌گیرد، توسعه سطح برگ کاهش می‌یابد (Vargas *et al.*, 2003). در چنین شرایطی سرعت زوال برگ‌ها افزایش یافته و ذخیره کربوهیدراتی گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین در شرایط تراکم بیش از حد به علت رقابت شدید بین بوته‌ای، گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل گیاه را فراهم کند. در نتیجه گسترش سطح برگ متوقف شده و گیاه به مرور زمان ضعیف می‌شود (Valentinuz and Tollenar, 2004).

**جدول ۴- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب**

**Table 4- Result summary of composite variance analysis**

| منابع تغییر Sources of variation | درجه آزادی Degree of freedom | میانگین مربعات Mean Squires | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شاخص سطح برگ LAI | سرعت رشد محصول CGR | سرعت رشد نسبی RGR | انتقال مجدد Remobilization | سهم انتقال مجدد Remobilization contribution | کارآیی مصرف نور Light use efficiency | عملکرد دانه Seed yield | ضریب استهلاک نوری Light extinction coeficient |
| سال Year | 1 | 0.0005$^{ns}$ | 259.7$^{**}$ | 0.001$^{*}$ | 15.57$^{**}$ | 5.4$^{ns}$ | 1.63$^{*}$ | 12686.14$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ |
| خطای بلوک Blok error | 4 | 2.43 | 1.3 | 0.00043 | 126.42 | 5.21 | 0.34 | 11566.3 | 0.003 |
| حذف Removing | 2 | 62.82$^{**}$ | 752.96$^{**}$ | 0.000066$^{ns}$ | 9884.35$^{**}$ | 29.83$^{**}$ | 15.7$^{**}$ | 718154.6$^{**}$ | 1.22$^{**}$ |
| سال×حذف Year* Removing | 2 | 0.018$^{**}$ | 1.53$^{**}$ | 0.000017$^{ns}$ | 0.0054$^{ns}$ | 0.102$^{ns}$ | 0.00004$^{ns}$ | 196.6$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ |
| هیبرید Hybrid | 6 | 0.34$^{**}$ | 35.6$^{**}$ | 0.0008$^{**}$ | 170.4$^{**}$ | 10.29$^{**}$ | 0.36$^{**}$ | 29102.7$^{**}$ | 0.022$^{**}$ |
| سال×هیبرید Y*Hybrid | 6 | 0.02$^{**}$ | 1.15$^{**}$ | 0.000042$^{ns}$ | 0.005$^{ns}$ | 0.057$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 254.08$^{ns}$ | 0.0027$^{ns}$ |
| حذف×هیبرید R*H | 12 | 0.314$^{**}$ | 16.02$^{**}$ | 0.00034$^{**}$ | 231.87$^{**}$ | 11.98$^{**}$ | 0.33$^{**}$ | 45407.7$^{**}$ | 0.015$^{**}$ |
| سال×حذف× هیبرید Y*R*H | 12 | 0.018$^{**}$ | 1.38$^{**}$ | 0.000026$^{**}$ | 0.0054$^{ns}$ | 0.019$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 227.22$^{ns}$ | 0.003$^{ns}$ |
| خطا Error | 72 | 0.005 | 0.26 | 0.00005 | 0.057 | 2.42 | 0.0008 | 7810.7 | 0.0028 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV(%) | | 9.8 | 12.6 | 18.77 | 7.16 | 9.52 | 8.35 | 9.7 | 9.64 |

[1] -Leaf area index

[2] - Crop growth rate

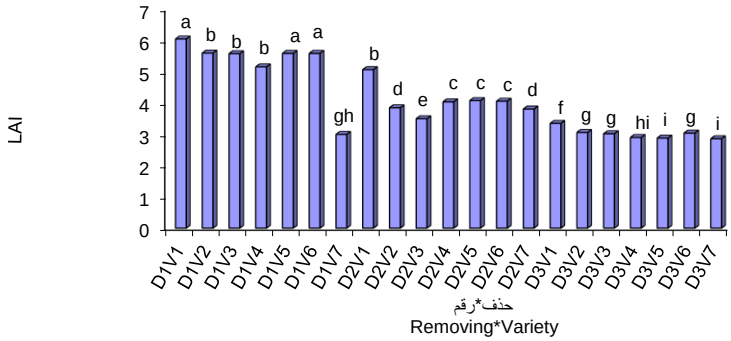
جدول ۵- خلاصه نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل داده‌های تحقیق

**Table 5- Means comparison results of research data interaction effects**

| حذف Removing | هیبریدهای ذرت Hybrids | میانگین صفات Mean Triats | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شاخص سطح برگ LAI | سرعت رشد محصول CGR (gr/m2/day) | سرعت رشد نسبی RGR (gr/gr/day) | انتقال مجدد Remobilization ($gm^{-2}$) | سهم انتقال مجدد Remobilization contribution (%) | کارآیی مصرف نور Light use efficiency (gr/MJ) | عملکرد دانه Seed yield ($gm^{-2}$) | ضریب استهلاک نوری Light extinction coefficient (gr/MJ ) |
| $D_1$ | $V_1$ | 6.05a | 32.64d | 0.0455e | 135.8m | 14.14e | 1.58n | 857.9eg | 0.554b |
| | $V_2$ | 5.6b | 31.16efg | 0.0435f | 139.7l | 18.22b | 1.64m | 984.6e | 0.72a |
| | $V_3$ | 5.58b | 31.6e | 0.0265o | 135n | 15.76d | 1.75o | 857.1ej | 0.715a |
| | $V_4$ | 5.16b | 31.62e | 0.0385h | 135.3n | 18.07b | 1.86k | 786k | 0.755a |
| | $V_5$ | 5.59a | 31.46ef | 0.0365j | 126.2p | 15.78d | 1.12p | 639.3m | 0.698a |
| | $V_6$ | 5.59a | 28.24ij | 0.0315m | 116.3q | 13.62f | 1.08r | 636.8m | 0.735a |
| | $V_7$ | 3gh | 31.43ef | 0.0358h | 131.6o | 15.8d | 1.33q | 701.9l | 0.755a |
| $D_2$ | $V_1$ | 5.07b | 29.5h | 0.0475d | 149h | 16.95c | 2.11j | 913.5h | 0.505b |
| | $V_2$ | 3.85d | 27.7j | 0.0382h | 149.5g | 19.28ab | 2.22i | 928g | 0.575b |
| | $V_3$ | 3.5e | 27.72j | 0.0323l | 141.6j | 15.64d | 2.62e | 906.2h | b۰/۵۷۵ |
| | $V_4$ | 4.04c | 30.7g | 0.04g | 149.1h | c۱۶/۳۴ | 2.37g | 913.2h | 0.585b |
| | $V_5$ | 4.08c | 30.46g | 0.038hi | 145.4i | 15.34d | 2.3h | 920.4g | 0.575b |
| | $V_6$ | 4.06c | 30.41g | 0.0405g | 141.1k | 16.38c | 2.37g | 871.7i | 0.611ab |
| | $V_7$ | 3.81d | 28.72hi | 0.045ef | 145.6i | 15.7d | 2.34gh | 920.6gh | 0.545b |
| $D_3$ | $V_1$ | 3.35f | 40.23a | 0.0565a | 155.34f | 16.78c | 2.34gh | 1019c | 0.345c |
| | $V_2$ | 3.06g | 33.94c | 0.0323l | 169.2a | 19.85a | 2.9a | 1126a | 0.365c |
| | $V_3$ | 3.02g | 39.73a | 0.0285n | 159.5e | 16.09c | 2.94f | 1023c | 0.375c |
| | $V_4$ | 2.9hi | 39.9a | 0.0375i | 167.5b | 16.78c | 2.7cd | 1006d | 0.415c |
| | $V_5$ | 2.8i | 37.6b | 0.034k | 164.3c | 15.24d | 2.51f | 1008d | 0.365c |
| | $V_6$ | 3.04g | 36.9b | 0.053ab | 155f | 15.6d | 2.67d | 963.5f | 0.355c |
| | $V_7$ | 2.86i | 33.5c | 0.0552a | 163.9d | 15.53d | 2.8b | 1069b | 0.355c |
| LSD (5%) | | 0.115 | 0.83 | 0.012 | 0.39 | 2.53 | 0.046 | 143.8 | 0.086 |

- ¥D: $D_1$، $D_2$ و $D_3$ به ترتیب عدم حذف، حذف نیمی از بلال و حذف دو برگ بالا و پایین بلال، $V_1$ (SC704)، $V_2$ (کنسور)، $V_3$ (کوردونا)، $V_4$ (کرج ۷۰۳)، $V_5$ (کوشا)، $V_6$ (فجر)، و $V_7$ (دانیال ۶۹۰)

¥ -D: D1, D2 and D3, respectively, no reprimand, removal of half of the cob and removal of two leaves at the top and bottom of the cob and V1 (SC704), V2 (Consor), V3 (Cordona), V4 (Karaj 703), V5 ( Kosha), V6 (Fajr), and V7 (Daniyal 690)




**شکل ۱- اثر متقابل حذف و هیبرید بر شاخص سطح برگ**

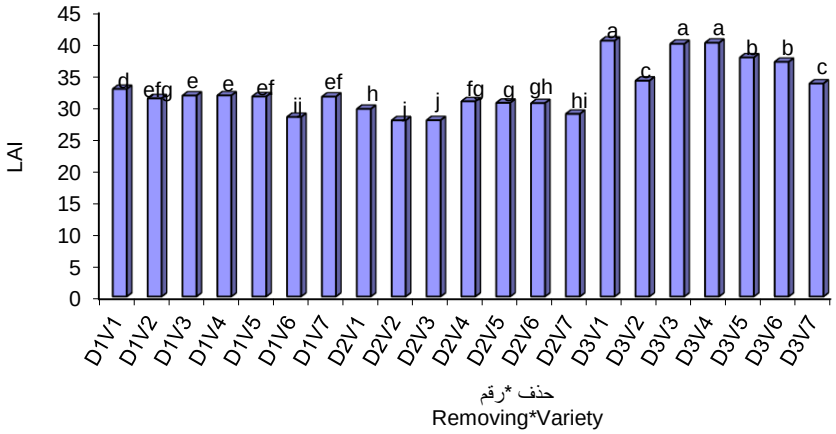
**Figure 1- The interaction effect of remove and cultivar on leaf area index**

- ¥D: $D_1$، $D_2$ و $D_3$ به ترتیب عدم حذف، حذف نیمی از بلال و حذف دو برگ بالا و پایین بلال، $V_1$ (SC704)، $V_2$ (کنسور)، $V_3$ (کوردونا)، $V_4$ (کرج ۷۰۳)، $V_5$ (کوشا)، $V_6$ (فجر)، و $V_7$ (دانیال ۶۹۰)

¥ -D: D1, D2 and D3, respectively, no reprimand, removal of half of the cob and removal of two leaves at the top and bottom of the cob and V1 (SC704), V2 (Consor), V3 (Cordona), V4 (Karaj 703), V5 ( Kosha), V6 (Fajr), and V7 (Daniyal 690)

## سرعت رشد محصول گیاه (CGR)

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید در سطح آماری ۱ درصد بر CGR معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. بررسی نتایج حاصل از جدول مقایسه اثر متقابل حذف و هیبرید برای CGR نشان داد که بیشترین مقدار CGR در تیمار ترکیبی حذف دو برگ بالا و پایین بلال در هیبرید دانیال ۶۹۰ به میزان ۴۰/۲۳ گرم بر متر مربع در روز به‌دست آمد و این تیمار با تیمارهای حذف دو برگ بالا و پایین بلال در هیبریدهای SC704 و کرج ۷۰۳ در یک کلاس آماری قرار گرفته و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند. کمترین مقدار CGR نیز معادل ۲۷/۷ گرم بر متر مربع در روز در تیمار ترکیبی حذف نیمی از بلال در هیبرید کنسور به‌دست آمد که با تیمارهای حذف نیمی از بلال در هیبرید کوردونا و تیمار شاهد در هیبرید فجر اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد علاوه بر سن گیاه، افزایش پوشش گیاهی بیش از حد مطلوب به علت رقابت بین بوته‌ای باعث تسریع در کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز و پیری شود که می‌تواند دلایل کاهش سرعت رشد محصول باشد. سرعت رشد محصول بر مقدار مواد تجمع یافته در بافت‌ها مؤثر است که می‌تواند برای انتقال مجدد به دانه مفید باشد. به‌طوری که با شکل‌گیری دانه و به علت کاهش وزن ساقه‌ها که حاصل حرکت و توزیع مجدد ذخایر غذایی به دانه‌هاست، سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد (Popp *et al.*, 2006).




**شکل ۲- اثر متقابل حذف و هیبرید بر سرعت رشد نسبی**

**Figure 2- The interaction effect of cultivar and cultivar on relative growth rate**

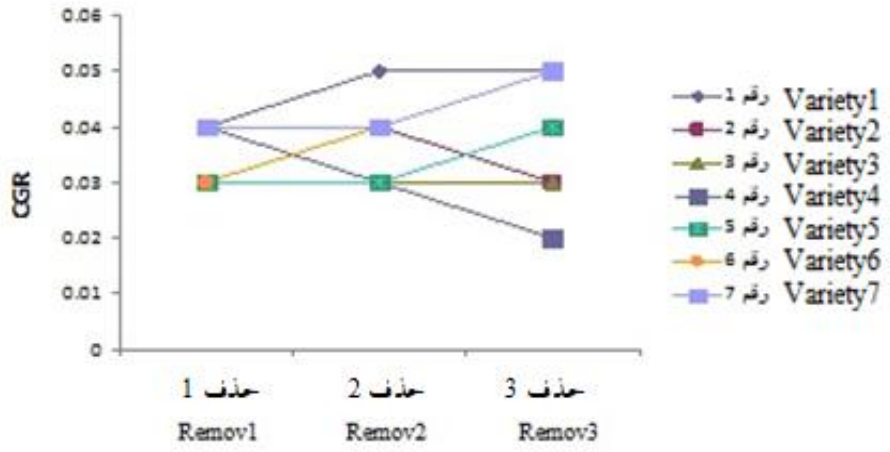
## سرعت رشد نسبی (RGR[1])

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید در سطح آماری ۱ درصد بر RGR معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود.

بررسی نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر متقابل حذف برگ و بلال و هیبرید برای RGR نشان داد که بیشترین مقدار RGR در تیمار ترکیبی حذف دو برگ بالا و پایین بلال در هیبرید دانیال ۶۹۰ به میزان ۰/۰۵۵۲ گرم بر گرم در روز به‌دست آمد و این تیمار با تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال در هیبرید SC704 در یک کلاس آماری قرار گرفته و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند. کمترین مقدار RGR نیز معادل ۰/۰۲۶۵ گرم بر گرم در روز در تیمار ترکیبی عدم حذف در هیبرید کوردونا به‌دست آمد (شکل ۳).

طول دوره رشد و شرایط محیطی مساعد از جمله درجه حرارت و میزان تابش، سرعت ماده‌سازی را افزایش می‌دهد. این شرایط برای تیمارهای حذف به علت نفوذ نور در یک دوره طولانی‌تر به درون پوشش گیاهی سبب افزایش سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و ماده خشک گردید (Vargas *et al.*, 2002).

[1] - Relative growth rate




**شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی هیبریدهای مختلف در سطوح حذف**

**Figure 3- The trend of changes in the relative growth rate of different hybrids at the levels of breeding**

## ضریب استهلاک نوری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید، در سطح آماری ۱ درصد بر ضریب استهلاک نوری معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال در تیمار هیبرید برای ضریب استهلاک نوری نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در تیمارهای عدم قطع دو برگ بالا و پایین بلال و هیبریدهای کرج ۷۰۳ و دانیال ۶۹۰ به میزان ۰/۷۵۵ گرم بر مگاژول حاصل شد که در این سطح از حذف دو برگ بالا و پایین بلال بین ارقام کنسور، کوردونا، کوشا و فجر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کمترین مقدار ضریب استهلاک نوری نیز معادل ۰/۳۴۵ گرم بر مگاژول در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید SC704 حاصل گردید. ضمناً در این سطح از تیمار حذف برگ از لحاظ صفت مذکور، بین ارقام اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها در هر سه سطح تیمار حذف برگ و بلال، کمترین مقدار ضریب استهلاک نوری در هیبرید SC704 نشان داده شد و این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالای این هیبرید در استفاده از نور می‌باشد. تولید ماده خشک گیاهی به عنوان تابعی از میزان تشعشع جذب شده در طول دوره رشد و کارآیی مصرف تشعشع تحت تأثیر ساختار کانوپی می‌باشد. در همین راستا، نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که فتوسنتز و تولید زیست توده به‌طور مستقیم مرتبط با میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی است. برخی از ابزارهای مدیریتی مانند تغییر تراکم و تغییر ساختار کانوپی می‌توانند بر مقدار این شاخص تأثیر داشته باشند (Caviglia *et al.*, 2004).

## انتقال مجدد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید در سطح آماری ۱ درصد بر صفت انتقال مجدد معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار حذف در هیبرید برای میانگین انتقال مجدد نشان داد که بیشترین مقدار انتقال مجدد در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید کنسور به میزان ۱۶۹/۲ گرم در متر مربع و کمترین مقدار آن نیز معادل ۱۱۶/۳ گرم در متر مربع در تیمار عدم حذف و هیبرید فجر به‌دست آمد. گزارش شده که میزان انتقال مجدد ماده خشک و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد و بیشترین میزان آن در تیمار تنش متوسط خشکی دیده شده است (Lak *et al.*, 2007). در شرایط آبیاری مطلوب و فراهم بودن عناصر غذایی از طریق کاهش پیری برگ‌ها موجب افزایش فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی می‌شود (Yang *et al.*, 2001). در پژوهشی به‌منظور مطالعه اثر برگ‌زدائی و فاصله ردیف کاشت بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام ذرت دانه‌ای گزارش کردند که میزان مواد فتوسنتزی تولید شده در دوره رشد زایشی با وجود حذف برگ‌های بالا یا پائین بلال تنها به دانه‌ها انتقال نیافته بلکه

بخشی از آن در اندام‌های دیگر (کاه) ذخیره شده است که خود نشـــان‌دهنده محدودیت مخزن در گیاه ذرت می‌باشـــد. البته با حذف برگ نه تنها مواد فتوســـنتزی انتقال یافته به دانه، بلکه بخشی که به سایر اندام‌ها منتقل گردید کاهش معنی‌داری نشان داد (Rafiei *et al.*, 2013).

## سهم انتقال مجدد

نتایج حاصل از تجزیه مرکب واریانس نشان داد که اثر سال بر میانگین سهم انتقال مجدد در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. اثرات ساده و متقابل حذف و هیبرید بر این صفت در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار حذف در هیبرید برای میانگین سهم انتقال مجدد نشان داد که بیشترین مقدار سهم انتقال مجدد در تیمار شاهد و هیبرید فجر به میزان ۱۹/۸۵ گرم در متر مربع و کمترین مقدار سهم انتقال مجدد نیز معادل ۱۳/۹۲ گرم در متر مربع در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید کنسور به‌دست آمد.

## کارآیی مصرف نور

نتایج حاصـــل از تجزیه واریانس داده‌ها نشـــان داد که اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بخشی از بلال و هیبرید بر کارآیی مصـرف نور در سـطح آماری ۱ درصـد معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. مقایســـه میانگین اثر متقابل تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال در تیمار هیبرید برای کارآیی مصـــرف نور نشـــان داد که بیشترین مقدار کارآیی مصرف نور در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید کنسور به میزان ۲/۹ گرم ماده خشک در مگاژول حاصل شد. کمترین مقدار کارآیی مصرف نور نیز معادل ۱/۰۸ گرم ماده خشک در مگاژول در تیمار عدم حذف و هیبرید فجر به‌دســـت آمد. میزان جذب تابش توســـط گیاه وابســـته به شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد (Tohidi *et al.*, 2012).

کارآیی مصـــرف نور بالاتر در حالت حذف را می‌توان به‌علت نفوذ بیشـــتر نور به درون پوشـــش گیاهی و در نتیجه اثرپذیری مقدار کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز در پاسخ به تغییر کیفیت نور دانســـت. اثر شـــدت و کیفیت نور بر مقدار و توزیع رنگدانه‌ها، کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز توسط برخی از پژوهشـگران گزارش شـده اسـت (Ghobadi *et al.*, 2015).

نتایج حاصـــل از این تحقیق با نتایج پژوهش‌های این محققین مطابقت دارد.

پژوهشگران در مطالعه‌ای بر روی اثر تراکم و میزان رطوبت بر میزان تابش دریافتی توســـط ذرت بیان کردند که با افزایش تراکم ذرت از ۳ به ۱۲ بوته در متر مربع، مقدار تابش در ســـطح بلال از ۴۸ درصد به ۱۵ درصد کاهش یافت و هنگامی که تراکم از ۳ بـه ۷/۵ بوتـه در متر مربع افزایش یـافت، میزان تـابش در ســـطح زمین ۲۰ درصـــد کاهش پیدا کرد. در این تحقیق نیز با کاهش تاج گیاه، میزان نور ورودی به طبقات پایین کانوپی افزایش یافت (Hashemi *et al.*, 2005).

محققین گزارش کردند که افزایش تجمع ماده خشک نتیجه جذب بیشـتر تابش فعال فتوسـنتزی اسـت، به‌طوری‌که آرایش کاشت مربع نسبت به کاشت لوزی و مستطیل از کارآیی مصرف نور بالاتری برخوردار است (Beheshti *et al.*, 2003).

نتایج مطالعات روی کارآیی مصـرف تابش در تجمع زیسـت توده قبل از پر شدن دانه برای پنج غله زراعی نشان داده چنانچه تنش‌های زیستی و غیر زیستی وجود نداشته باشد، تجمع ماده خشـک گیاهی بسـتگی به مقدار تابش جذب شـده کانوپی دارد (Kocheki *et al.*, 2012).

موضـوع کارآیی مصـرف نور از جمله مسـائل مهم در روابط عملکرد گیاه می‌باشـد، به‌طوری‌که محققین بســـیاری برای پی بردن به موضوع نقش شدت نور در کارآیی مصرف نور و افزایش عملکرد بـه تحقیقات مختلفی روی آورده‌اند. بررســـی کارآیی مصرف نور بر شاخص‌های فنولوژیکی و فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت در تراکم‌های مختلف کاشت نشان داد که تنظیم تراکم در واحد سـطح سـبب افزایش نفوذ نور به بخش‌های پایین پوشـش گیاهی شده و این امر منجر به افزایش کارآیی مصرف نور خواهد شد (Goldani *et al.*, 2010).

همچنین گزارش شـده که تعداد برگ در گیاه ثابت بوده که این یک پدیده ژنتیکی اســـت، بنابراین با افزایش تراکم تعداد برگ در واحد ســـطح افزایش می‌یابد و این به افزایش شـــاخص سطح برگ منجر می‌شود (Gonzalo *et al.*, 2006).

بر اساس نتایج برخی تحقیقات در شرایط عدم حذف برگ و بلال، کاهش ورود نور به درون پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش جذب تابش عامل کاهش کارآیی مصـرف نور بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Lindquist *et al.*, 2005). پژوهشـگران

در رابطه با کارآیی مصرف نور کمتر در ارقام دیررس به نتایج مشابهی دست یافتند (Goldani *et al.*, 2010).

## عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های پژوهش نشان داد اثرات ساده و متقابل حذف برگ و بلال و هیبرید بر عملکرد دانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود.

مقایسه میانگین اثر متقابل حذف برگ و بلال در هیبرید نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد در تیمار حذف دو برگ بالا و پایین بلال و هیبرید کنسور به میزان ۱۱۲۶۰ کیلوگرم در متر مربع و کمترین مقدار آن نیز معادل ۶۳۶۸ کیلوگرم در متر مربع در تیمار عدم حذف و هیبرید فجر به‌دست آمد. در پژوهش حاضر با توجه به تکمیل دوره رشدی برگ‌های پایینی نسبت به برگ‌های جوان بالایی با حذف دو برگ بالا میزان نور در طبقات پایین افزایش یافت که منجر به افزایش میزان فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه گردید. همچنین در تیمارهای مختلف حذف، بیشترین عملکرد دانه در هیبرید کنسور حاصل گردید. بعضی از پیامدهای مطلوب که در اثر حذف برگ‌های بالا بوجود می‌آیند، شامل نفوذ بهتر نور به داخل پوشش گیاهی، کاهش میزان خوابیدگی بوته، کاهش رقابت گل‌آذین نر و بلال برای مواد فتوسنتزی، همچنین بعضی از واکنش‌های گیاه در هنگام وارد شدن تنش از قبیل انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه و برگ‌ها به دانه، افزایش راندمان فتوسنتزی برگ‌های باقی‌مانده، افزایش غلظت کلروفیل و فعالیت آنزیم PEP کربوکسیداز، افزایش میزان قندهای محلول و نهایتاً افزایش عملکرد دانه می‌باشد (Boras and Otegui, 2002).

مطالعه اثر شدت و زمان حذف برگ و بلال بر عملکرد دانه ذرت در شرایط خوزستان نشان داده که تیمار بدون حذف بیشترین و تیمار قطع کامل بوته از بالای بلال در پایان گرده‌افشانی، کمترین عملکرد دانه را داشته و عمل حذف باعث کاهش ۱۸ درصد در عملکرد دانه گردید (Afarinesh, 2005). محققین گزارش نمودند که حذف دو یا چهار برگ بالای بوته ذرت نه تنها باعث کاهش عملکرد دانه نمی‌شود، بلکه می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه در بلال و وزن دانه‌ها و بهبود عملکرد دانه ذرت شود (Mehraeen *et al.*, 2014).

در آزمایشی دیگر، عملکرد و وزن دانه در دستورزی منبع در هیبریدهای مختلف ذرت مقایسه و گزارش شد که وزن دانه به سرعت رشد دانه وابسته است و در هیبریدهای جدید تقاضای بلال برای مواد پرورده نسبت به هیبریدهای قدیمی زیادتر است که این موضوع به تعداد بیشتر دانه در هر بلال گیاه و یا پتانسیل بیشتر وزن دانه‌ها بستگی داشت (Echarte *et al.*, 2006).

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق و نتایج تحقیقات دیگر محققین می‌توان گفت ذرت از جمله غلاتی است که نسبت به عمل برگ‌زدایی کنترل شده تحمل خوبی نشان می‌دهد. همچنین پژوهش‌ها نشان داده که تنش کمبود نور یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه بوده و سبب کاهش عملکرد گیاه می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، محدودیت مبدأ و مقصد دو عامل مهم در کاهش عملکرد گیاه ذرت می‌باشد. اگرچه محدودیت مبدأ معمولاً تابع عوامل محیطی مانند نور، دما، رطوبت و . . . می‌باشد، محدودیت مقصد بیشتر با ژنتیک گیاه مرتبط است. هر چند در ایران به لحاظ میزان تابش و شرایط نوری کمبود تابش وجود ندارد، اما تراکم پوشش گیاهی سبب کاهش ضریب نفوذ نور به طبقات پایین پوشش گیاهی می‌گردد و این امر بر میزان عملکرد محصول اثرگذار است.

عملکرد دانه در ذرت تابعی از تغذیه مناسب، آب و نور می‌باشد و در شرایط بهینه با رسیدن شاخص‌های رشد به سطح بهینه و مطلوب، میزان عملکرد نیز افزایش می‌یابد. حذف برگ گیاه سبب نفوذ نور به درون پوشش گیاهی شده و تا حد زیادی می‌تواند از اثرات تنش کمبود نور در گیاه جلوگیری نماید. بر اساس نتایج این پژوهش از لحاظ انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد، کارآیی مصرف نور و عملکرد دانه، برترین هیبرید کنسور و از لحاظ صفات فیزیولوژیکی هیبریدهای SC704 و کرج ۷۰۳ نسبت به سایر هیبریدها برتری نسبی نشان دادند. در مجموع، افزایش ضریب نفوذ نور ناشی از حذف دو برگ بالا بر بهبود خصوصیات رشدی ارقام مختلف اثر مثبت افزایشی نشان داد. در شرایط تنش نوری کاهش شاخص سطح برگ گیاه ذرت سبب کاهش میزان جذب نور و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. با عنایت به اینکه قطع برگ در ذرت در سطوح مزرعه برای کشاورزان امکان‌پذیر نمی‌باشد، لذا اصلاح ارقام دارای برگ‌های

عمودی در راســـتای نفوذ نور به طبقات پایین پوشـــش گیاهی حائز اهمیت می‌باشد و باید توسط به‌نژادگران این موضوع مورد بررســی قرار گیرد. همچنین برای دســتیابی به عملکرد بهینه با توجه به نتایج این تحقیق هیبریدهای SC704 و کرج ۷۰۳ برای کاشت در شرایط شهرستان شیراز توصیه می‌گردد.

## References


Abbaspour, F., Shakiba, M.R., Alyari, H. and Valizade, M., 2003. Effects of defoliation on yield and yield components of sunflower. *Journal of Agricultural Knowledge*, *12*(4), 71-77. [In Persian]. https://sid.ir/paper/28708/en

Abdi, S., Fayaz Moghadam, A. and Ghadimzade, M., 2007. Effect of different levels of defoliation at reproductive stage on grain yield and oil percent of two hybrid sunflower. *Journal of Water and Soil Science*, *11*(40), 245-255. [In Persian]. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24763594.1386.11.40.20.0

Afarinesh, A., 2005. Studying the effect of intensity and time of weeding on corn grain yield in Khuzestan conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *7*(4), 337-346. [In Persian]. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1384.7.4.5.3

Alizadeh, A., 2018. *The Relationship Between Water, Soil and Plants*. Astan Quds Publications. 480 pages. [In Persian].

Beheshti, A., Koochaki, A. and Nassiri Mahallati, M., 2003. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. *Seed and Plant*, *18*(4), 417-431. [In Persian with English abstract]. https://doi.org/10.22092/spij.2017.110754

Boras, L. and Otegui, D., 2002. Maze kernel composition and post flowering and source sink ratio. *Crop Scienc*, *42*, 780-790. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.7810

Caviglia, O.P., Sadras, V.O. and Andrade, F.H., 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. *Field Crops Research*, *87*(2-3), 117-129. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.10.002

Ding, J., Zir, Y., Li, C., Peng, Y., Zhu, X. and Guo, W., 2016. Dry matter accumulation partitioning and remobilization in high yielding wheat under rice-wheat rotation in China. *Agronomy Journal*, *108*, 604-614. https://doi.org/10.2134/agronj2015.0114

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. https://doi.org/10.2134/agronj2003.6880

Echarte, L., Andrade, F. H., Sadras, V. O. and Abbate, P., 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Researches*, *96*, 307-312. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.07.013

Emam, Y. and Seghateleslami, M. J., 2005. *Crop yield*. Shiraz Daneshgahi Press, 376p. [In Persian].

García-Barrios, L., 2003. Plant-plant interactions in tropical agriculture. In J. Vandermeer (Ed.), *Tropical Agroecosystems* (pp. 1-58). New York, NY: CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420039887

Ghobadi, R., Mondani, F. and Shirkhani, A., 2015. The effect of different levels of irrigation on radiation absorption, light use efficiency and dry weight of three varieties of corn. *Journal of Agriculture*, *29*(1), 136-146. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2016.109572

Goldani, M., Rezvani Moghadam, P., Nassiri Mahallati, M. and Kaffi, M., 2010. Radiation use efficiency of maize (*Zea mays* L.) hybrids with different growth types in response to density. *Journal of Plant Production Research*, *18*(1), 1-28 . [In Persian]. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222050.1390.18.1.1.0

Gonzalo, M., Vyon, T., Hlland, J. and McIntgre, M., 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interaction. *Genetics*, *173*(1), 331-348. https://doi.org/10.1534/genetics.105.045757

Habibi, F., 2013. The effect of density and planting arrangement on the seed and fodder of corn hybrids. Master's thesis, Islamic Azad University, Khorasgan branch. 115 pages. [In Persian].

Hammer, G. L. and Wright, G. C., 2000. A theoretical analysis of nitrogen and radiation effects on radiation use efficiency in peanut. *Australian Journal of Agricultural Research*, *45*(3), 575-589. https://doi.org/10.1071/ar9940575

Hashemi, M., Herbet, G. and Putnam, H., 2005. Yield response of corn to crowding stress. *Agronomy Journal*, *97*, 839-846. https://doi.org/10.2134/agronj2003.0241

Hosseinpanahi, F., 2008. Evaluation of yield, yield component and radiation use efficiency in corn/potato intercropping. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].

Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B. and Ehyayi, H. R., 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products*, *43*, 606-611. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.012

Kiniry, J. R., Landivar, J. A., Witt, M., Gerik, T. J., Cavero, J. and Wade, L. J., 1998. Radiation use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crop Research*, *56*, 265-270. https://doi.org/10.1016/s0378-4290(97)00092-0

Kocheki, A., Khorramdel, R. S., Fallahpour, F. and Melti, F., 2012. Evaluating the efficiency of light absorption and consumption in the cultivation of a row mixture of wheat and canola. *Iranian Agricultural Research Journal*, *11*(4), 533-542. [In Persian].

Lak, S., Naderi, A., Siadat, S. A., Aynehband, A. and Noormohammadi, Gh., 2007. Effects of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid SC704 at different nitrogen rates and plant population. *Iranian Journal of Agricultural Science Natural Resours*, *14*(2), 63-76. [In Persian with English Summary].

Lindquist, J. L., Arkebauer, T. J., Walters, D. T., Cassman, K. J. and Dobermann, A., 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal*, *97*, 72-78. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0072

Majdnasiri, B. and Ahmadi, M. R., 2004. The effect of planting season and plant distance on the distribution and amount of light absorption in the plant community of different safflower genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Sciences, Q6*(1). [In Persian].

Mehraeen, S., Maqsoudi, K. and Imam, Y., 2014. Effect of removal of leaves above and below the ear on grain yield and yield components in maize hybrid SC704. *Iran Journal of Agricultural Sciences, 15*(2). [In Persian].

Mostafavi, M. H., Nasiri Mahallat, M. and Kouchaki, A., 2019. Validation of light extinction coefficient and evaluation of the light use efficiency of sesame with the use of various biological and chemical fertilizers. *Journal of Plant Ecophysiology, 37*, 121-133. [In Persian].

Pampana, S., Ercoli, L., Masoni, A. and Arduini, I., 2009. Remobilization of dry matter and nitrogen in maize as affected by hybrid maturity class. *Italian Journal of Agronomy, 2*, 39-46. https://doi.org/10.4081/ija.2009.2.39

Popp, M., Edwards, J., Manning, P. and Purcel, L., 2006. Plant population density and maturity effects on profitability of short-season maize production in the midsouthern USA. *Agronomy Journal, 98*, 760-765. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0201

Rafiei, G. H., Rafiei, M. and Khorgami, A., 2013. Retranslocation of photosynthetic materials in grain corn cultivars under the influence of selection and planting row spacing. First National Conference on Sustainable Development Strategies (Agriculture, Natural Resources and Environment). [In Persian]. https://civilica.com/doc/197162

Rodrigo, G. S., Westgate, M. E. and Andrade, F. H., 2007. Source/sink ratio and the relationship between maximum water content, maximum volume, and final dry weight of maize kernels. *Field Crops Research, 101*, 19-25. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.004

Salahi Moghadam, W. H. and Rahimian Mashhadhi, W. H., 1992. Investigating the effect of defoliation treatments at different densities and dates of seeding on grain and fodder yield in corn. Final report of the research project, Research Vice-Chancellor of Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].

Sharifi, P. and Tajbakhsh, M., 2016. Investigating the effects of post-pollination and plant density on the yield and yield components of single-cross 704 corn variety. *Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, 11*(41). [In Persian].

Stone, P. J., Wilson, D. R., Ried, J. B. and Gillespie, G. N., 2001. Water deficit effects on sweet corn. I: Water use, radiation use efficiency, growth and yield. *Aust. J. Agric. Res, 52*, 103-113. https://doi.org/10.1071/ar99146

Tohidi, M., Nadery, A., Siadat, S. and Lak, S., 2012. Variables productivity of light interception in grain maize hybrids at various amount of nitrogen. *World Applied Sciences Journal, 16*, 86-93.

Tsubo, M. and Walker, S., 2002. A model of radiation interception and use by a maize-bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology, 110*, 203-215. https://doi.org/10.1016/s0168-1923(01)00287-8

Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo, H. O. and Walker, S., 2003. Productivity of maize-bean intercropping in a semiarid region of South Africa. *Water Science and Technology, 29*, 381-388. https://doi.org/10.4314/wsa.v29i4.5038

Valentinuz, O. and Tollenar, M., 2004. Vertical profit of leaf area and leaf senescence during the grain-filling period in maize. *Crop Science, 44*, 827-834. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.8270

Vargas, L. A., Andersen, M. N., Jensen, C. R. and Jorgensen, V. J., 2002. Estimation of leaf area index, light interception and biomass accumulation of miscanthus sinensis goliath from radiation measurements. *Biomass and Bioenergy, 22*, 1-14. https://doi.org/10.1016/s0961-9534(01)00058-7

Westgate, M. E., Otegui, M. E. and Andrade, F. H., 2004. Physiology of the corn plant. In C. Wayne Smith, J. Betran, & E. C. A. Runge (Eds.), *Corn: Origin, History, Technology and Production* (pp. 235-271). John Wiley and Sons, Inc.

Yang, J., Jianhua, Z., Zhiqing, W., Qingsen, Z. and Wei, W., 2001. Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. *Field Crops Researches, 71*, 47-55. https://doi.org/10.1016/s0378-4290(01)00147-2