

## بررسی صفات ریخت‌شناختی و فیزیولوژی عملکرد رقم‌های غالب جو (*Hordeum vulgare* L.) مناطق معتدل و رقم اصلاح‌شده با دانش هسته‌ای در ایران

ثویا نوید<sup>۱</sup>، سعید صوفی‌زاده<sup>۲\*</sup>، علی اسکندری<sup>۳</sup>، جعفر کامبوزیا<sup>۲</sup> و اسکندر زند<sup>۴</sup>  
۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
۲. استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران  
۳. استادیار گروه کشاورزی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، کرج  
۴. استاد بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران  
(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۳۱)

### چکیده

جو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک نقش مهمی را در امنیت غذایی مردم ایران بازی می‌کند. آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای سازمان انرژی اتمی واقع در کرج در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهارده رقم (سیزده رقم اصلاح‌شده به روش‌های معمول به‌نژادی و یک رقم اصلاح‌شده با روش هسته‌ای (رقم رودشت که با استفاده از اشعه گاما و دز ۲۰۰ گری پرتودهی شد) و سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد، بین رقم‌ها در بیشتر صفات فیزیولوژیک و ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) تفاوت معنی‌دار ( $\alpha = 0/05$ ) بود. رقم‌های جدید (رقم‌هایی که بر پایه شناسنامه آن‌ها در یک دهه اخیر معرفی شده‌اند) و رقم رودشت در اغلب موارد از جمله شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور و سرعت رشد گیاه زراعی برتری خاصی نسبت به رقم‌های قدیمی و معمولی جو دارند. بیشترین ضریب تخصیص برگ (نسبت وزن برگ) مربوط به رقم‌های والفجر (۰/۲۷)، بهمین (۰/۲۷) و ماکوئی (۰/۲۵) بود که دلیل این امر نیز دیررس بودن آن‌ها و برخورداری از شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ بالا بود. از سوی دیگر رقم‌های به‌رخ (۰/۷۰)، رودشت (۰/۶۸) و ماکوئی (۰/۶۷) بیشینه نسبت وزن ساقه داشتند که از دلایل آن می‌توان به دوردیفه بودن به‌رخ، نیمه‌پابلندی و جدید بودن رقم رودشت و پابلندی ماکوئی اشاره کرد. همچنین نتایج نشان داد، رقم‌هایی مانند ماکوئی، رودشت و والفجر که بیشترین نسبت وزن برگ و ساقه را داشتند نسبت به دیگر رقم‌ها کمترین نسبت وزن سنبله و عملکرد دانه را داشتند. رقم‌های لوت، نصرت، ریحان ۰۳ و فجر ۳۰ نیز بیشترین نسبت وزن سنبله (به ترتیب ۷۳۹/۹، ۷۲۰/۴، ۷۰۱/۴ و ۵۶۳/۳ گرم در مترمربع) را داشتند که دلیل این امر شش ردیفه بودن رقم‌ها، زودرسی و کم بودن وزن خشک برگ و ساقه در مرحله گلدهی است. بنابراین می‌توان گفت رقم‌های پابلند، دیررس و رقم اصلاح‌شده با دانش هسته‌ای نسبت به رقم‌های پاکوتاه و زودرس از ضریب تخصیص برگ و ساقه بیشتر و ضریب تخصیص سنبله و عملکرد دانه کمتری دارند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، ضریب تخصیص، عملکرد دانه.

## Exploring the Morphological Traits and the Physiology of Yield Formation in Dominant Barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in Temperate Zone and Gamma-irradiated Improved Barley, in Iran

Sorayya Navid<sup>1</sup>, Saeid Soufizadeh<sup>2\*</sup>, Ali Eskandari<sup>3</sup>, Jafar Kambouzia<sup>2</sup>, Eskandar Zand<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student in the Department of Agronomy and Plant Breeding, University college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Assistant Professors in the Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran.
3. Assistant Professor in the Department of Nuclear Agriculture, Karaj, Iran.
4. Iranian research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

(Received: August 16, 2016- Accepted: May 21, 2017)

### ABSTRACT

Barley, considered as a strategic crop, plays an important role in food security in Iran. An experiment was conducted at the experimental field of Agricultural Research Institute of Atomic Energy Organization in Karaj in 2015, as a randomized complete block design with three replications. Treatments included 14 barley cultivars (13 cultivars bred using classical breeding approaches and one gamma irradiated cultivars). Results showed that there were significant differences between most of the studied barley cultivars regarding physiological and morphological traits ( $P < 0.05$ ). The newer cultivars (those been introduced during the last decade) and Roudasht showed advantages over older cultivars with regard to leaf area index, radiation use efficiency and crop growth rate. Cultivars Valfajr, Makouee and Bahnan had the highest leaf mass fraction (0.27, 0.27 and 0.25, respectively), mostly as a result of being late-maturity cultivars along with having high leaf area index and specific leaf area. On the other side, cultivars Behrokh, Roudasht and Makouee had the highest stem mass fraction (0.70, 0.68 and 0.67, respectively) mainly as a result of their corresponding growth habits (two-rows, gamma-irradiated and tall-statured, respectively). Also results showed that cultivars which had the highest stem and leaf mass fractions such as Makouee, Roudasht and Valfajr produced the lowest spike mass fraction and in turn grain yield. Cultivars Lout, Nosrat, Rayhann 03 and Fajr 30 had the highest spike mass fraction (739.9, 720.4, 701.4 and 563.3 gm<sup>-2</sup>, respectively) which could be attributed to their six-row habit of spike, early-maturity and lower leaf and stem dry matter at flowering stage. Overall, it could be concluded that tall statured late-maturity cultivars along with gamma-irradiated improved barley cultivar had the highest leaf and stem mass fractions compared to dwarf and early maturity cultivars. Such advantage, however, translated into lower spike mass fraction and grain yield of the former group.

**Keywords:** Plant height; leaf area index; dry matter fraction; grain yield.

\* Corresponding author E-mail: s\_soufizadeh@sbu.ac.ir

## مقدمه

امروزه به علت افزایش جمعیت، مسئله امنیت غذایی در سطح جهان ابعاد تازه‌ای به خود گرفته است و به یکی از مباحث مهم در همه کشورهای جهان تبدیل شده است و از آنجایی که خودکفایی یکی از اصول امنیت غذایی است، دستیابی به این امر مهم تنها با افزایش تولید مواد غذایی امکان‌پذیر خواهد بود (Fitzpatrick, 2013). جو گیاهی از خانواده غلات است که به‌عنوان یک محصول راهبردی (استراتژیک) نقش مهمی را در امنیت غذایی مردم ایران بازی می‌کند. شناخت و بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک)، پدیدشناختی (فنولوژیک) و فیزیولوژیک گیاه برای تعیین اهمیت هریک از آن‌ها در افزایش عملکرد و سازگاری این صفات با شرایط محیطی عامل مؤثری در بهنژادی و پایداری رقم‌ها بوده و اهمیت خاصی دارد (Smith & Fredriksen, 2000). زیرا برخی از صفاتی که به‌طور غیرمستقیم در تشکیل عملکرد نقش دارند تحت تأثیر عامل‌های محیطی قرار دارند که از راه مقایسه رقم‌ها می‌توان به نقش هر یک از این عامل‌ها و شدت تأثیر آن‌ها پی برد (Gupta et al., 2006; Xing & Zhang, 2010). از این‌رو برهمکنش ساختار ژنتیکی و محیط تحت تأثیر مراحل پدیدشناختی که گیاه با تنش روبه‌رو می‌شود، قرار دارد (Beheshti & Behbodi Fard, 2010; Beheshti & Baroyi, 2011). بنابراین شناخت صفاتی که در هر یک از این مراحل عملکرد را تحت تأثیر قرار داده و تغییرپذیری عملکرد را تبیین و توصیف کند ارزشمند بوده و ارزیابی نژادگان (ژنوتیپ)ها بر پایه این صفات از جنبه‌های مهم اصلاحی به شمار می‌آید. زیرا که ظرفیت عملکرد دانه به توانایی نژادگان در تولید فتواسمیلات‌ها، انتقال مواد نورساختی (فتوسنتزی) از اندام‌های رویشی به دانه و توان گیاه در ذخیره مواد نورساختی در دانه بستگی دارد (Griffits et al., 1996). از سویی نیز، با توجه به اینکه بررسی‌های زیادی در ارتباط با ارزیابی صفات و تعیین ماهیت، اهمیت و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه در گیاهان زراعی انجام شده است ولی شمار این‌گونه بررسی‌ها در گیاه زراعی جو ناچیز است. لذا بررسی ظرفیت تولید نژادگان‌ها و تنوع صفات این گیاه زراعی در برنامه‌های اصلاحی و مدیریتی بسیار اهمیت دارد. شناخت و بررسی ویژگی‌های فیزیولوژی رشد در تجزیه و تحلیل عامل‌های مؤثر بر عملکرد و اجزای آن اهمیت زیادی دارد (Beheshti & Behbodi Fard, 2010; Beheshti & Baroyi, 2011). تجزیه و تحلیل رشد، بیان چگونگی تجزیه رشد گیاه به‌صورت حاصل جبری یک مجموعه از عامل‌ها است (Hardwick, 1984). به‌طورکلی هدف از

بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک، توصیف یا تشریح چگونگی واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی است (Gardner et al., 1985). رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که بر یکدیگر اثر متقابل دارند و تحت تأثیر محیط‌های مختلف تغییر می‌کنند (Gardner et al., 1985). تولید و تجمع ماده خشک در اندام‌های هوایی گیاه ارتباط نزدیکی با عملکرد دارد. بنابراین در بررسی‌های مختلف در نظر داشتن عامل‌های مؤثر و ارتباط بین این دو (تولید و تجمع ماده خشک) به‌کلی ضروری است. به‌این‌ترتیب تشخیص اجزای رشد در جامعه گیاهی و تأثیر عامل‌های محیطی و شرایط تولید بر آن‌ها برای درک بهتر مبانی فیزیولوژیک عملکرد اهمیت ویژه‌ای دارد. تولید و تجمع ماده خشک می‌تواند توسط شاخص فیزیولوژیک مهم سرعت رشد محصول<sup>1</sup> (CGR) که قابل تجزیه و تحلیل است، بررسی شود (Rajput et al., 2017). سرعت رشد گیاه زراعی در حقیقت مشخص‌کننده توسعه بافت گیاه و ثبات آن تعیین‌کننده میزان ماده خشک تولیدی است. همچنین CGR افزایش وزن خشک یک جامعه گیاهی در واحد سطح مزرعه و در واحد زمان است و به تعبیر دیگر کارایی نورساختی گیاه زراعی را نشان می‌دهد. میانگین رشد و تولید محصول برای گیاهان C<sub>3</sub> و C<sub>4</sub> به ترتیب معادل ۲۰ و ۳۰ گرم در مترمربع در روز و معادل ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در روز گزارش شده است (Gardner et al., 1985). به کمک تجزیه شاخص‌های رشد و استفاده از یک چند معادله‌های ریاضی که طریق کاربرد آن‌ها توسط بسیاری از محققان بررسی شده است می‌توان اجزای رشد گیاه را تعیین کرد (Wareing & Philips, 1990). هدف اصلی محاسبه معادله‌های رشد به‌طورمعمول توضیح و توصیف چگونگی واکنش گیاه به شرایط محیطی است (Radford, 1967; Bullock et al., 1988). رشد گیاهان زراعی در شرایط مزرعه اغلب بر پایه روش تجزیه میزان تجمع ماده خشک تعیین می‌شود. تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد تنها به اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد (Gardner et al., 1985). مساحت برگ یکی از مهم‌ترین فراسنجه (پارامتر)هایی است که برای بررسی رشد، همانندسازی و بسیاری از فرآیندهای زراعی و بوم‌شناختی (اکولوژی) از جمله نورساخت، تعرق و بیان انرژی محیطی استفاده می‌شود (Payne et al., 1991; Shih & Gascho, 1980). بنابراین، به‌منظور ایمن‌سازی تولید پایدار جهانی و برآورده ساختن

در این منطقه ۲۵۱ میلی‌متر بوده که عمده پراکنش آن در فصل‌های پاییز و زمستان است. میانگین دمای سالانه این منطقه نیز ۱/۴ درجه و کمینه و بیشینه مطلق دما به ترتیب ۲۰- و ۴۲ درجه سلسیوس است. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی بر پایه عمق نفوذ ریشه، از اعماق مختلف اقدام به نمونه برداری از چندین نقطه مزرعه شد. بر پایه نتیجه تجزیه، بافت خاک مزرعه آزمایشی مورد نظر لومی شنی بود (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهارده رقم (تیمار) و سه تکرار اجرا شد. رقم‌های آزمایش شامل سیزده رقم جو شش و دو ردیفه غالب در مناطق معتدل کشور و یک رقم هسته‌ای رودشت (رقم مورد نظر با استفاده از اشعه گاما و دز ۲۰۰ گری پرتو دهی شده بود) که در بین سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۶۰ معرفی شده‌اند و سطح زیر کشت قابل توجهی در ایران داشتند (جدول ۲). لازم به یادآوری است که رقم‌های معرفی شده در یک دهه اخیر (۱۳۹۰-۱۳۸۵) به عنوان رقم‌های جدید در نظر گرفته شد. اطلاعات موجود در جدول ۲ از نشریه‌های ترویجی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) تهیه شده است.

نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد جهان دستیابی به راه-کارهایی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی و بهبود ویژگی-های آن‌ها در استفاده کارآمدتر از منابع باید مدنظر باشد. در این شرایط توجه و بهبود عامل‌هایی همچون مدیریت زراعی، ویژگی‌های پدیدشناختی، ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک گیاه بسیار اهمیت داشته زیرا که برای دستیابی به هدف‌های مورد نظر می‌تواند راه گشا باشد. لذا در این راستا آزمایشی برای بررسی صفات ریخت‌شناختی و فیزیولوژی عملکرد رقم‌های غالب جو عادی مناطق معتدل و رقم اصلاح‌شده با دانش هسته‌ای در ایران انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای سازمان انرژی اتمی واقع در کرج با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا، که در فاصله ۴۸ کیلومتری شمال غربی تهران واقع شده است انجام شد. میانگین بلندمدت بارندگی سالانه

جدول ۱. نتایج آزمون ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در اعماق مختلف

Table 1. Soil physical and chemical properties of the experimental site at various depths.

Depth (cm)	EC (meq kg <sup>-1</sup> )	pH	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Total N (%)	OM (%)	No <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	Bulk density (gcm <sup>-3</sup> )	Soil Texture	%Sand	%Clay	%Silt
0-30	1.43	7.83	17.24	353	0.06	1.13	14.94	Nd	1.38	Loam-Sand	61.6	24.1	14.3
30-60	1.22	7.80	15.21	333	0.03	0.98	19.05	Nd	1.69	Loam-Sand	62.2	22.2	15.6
60-90	1.39	7.82	13.55	289	0.03	0.83	14.41	Nd	1.39	Loam-Sand	62.2	22.2	15.6

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های رشدی رقم‌های مورد بررسی جو در این آزمایش

Table 2. Some of the growth attributes of the barley cultivars studied in the present experiment.

Cultivars	Year of introduction	Yield (t ha <sup>-1</sup> )	Height (cm)	Growth type	Maturity Type	Cultivars	Year introduced	Yield (t ha <sup>-1</sup> )	Height (cm)	Growth type	Maturity Type
Kavir	1980	4.5-5.5	90	Spring-Winter	Early	Lout	2013	5-5.5	75	Spring-Winter	Middle
Valfajr	1386	5.5-6.5	110	Spring-Winter	Semi-early	Nosrat	1996	5.5-6	100	Spring-Winter	Middle
Makouee	1991	5.5-6.5	105	Winter	Late	Yousof	2010	5.5-6.5	90	Spring-Winter	Early
Dasht	1994	5-5.5	90	Spring-Winter	Semi-early	Fajr 30	2009	5.5-6	80	Spring-Winter	Semi-early
Rayhan	1994	6-7	90	Spring-Winter	Early	Nike	2013	6-6.5	85	Spring-Winter	Semi-early
Rayhan 03	2014	7-8	80	Spring-Winter	Early	Behrokh	2014	6-6.5	76	Spring-Winter	Semi-early
Bahman	2009	5.5-6.5	80	Winter	Late	Roudasht	2013	5-5.5	75	Spring-Winter	middle

احداث جوی و پشته شد. هر واحد آزمایشی دوازده ردیف کاشت به طول ۶ متر با فاصله بین ردیف ۱۵/۵ سانتی‌متر داشت که با اعمال فاصله حدود ۱ سانتی‌متر روی ردیف، تراکم

به‌منظور اجرای طرح، عملیات آماده‌سازی زمین در نیمه دوم شهریورماه صورت گرفت. بدین منظور پس از اعمال دیسک‌زنی برای تسطیح خاک با استفاده از فاروئر اقدام به

سرعت رشد رویشی (CGR)، نسبت شاخص سطح برگ<sup>۲</sup> (LAR)، سطح ویژه برگ<sup>۳</sup> (SLA)، نسبت وزن برگ<sup>۴</sup> (LMF)، نسبت وزن ساقه<sup>۵</sup> (SMF)، نسبت وزن سنبله<sup>۶</sup> (SpMF) و شاخص سطح برگ (LAI) از روابط زیر استفاده شد (Watson, 1995):

CGR= TDMF-TDMP/ T <sub>2</sub> -T <sub>1</sub>	رابطه <sup>۳</sup>
LAR= LAI/ W	رابطه <sup>۴</sup>
SLA= LW/ LAI	رابطه <sup>۵</sup>
LAI= LA/GA	رابطه <sup>۶</sup>
LMF= LW/W	رابطه <sup>۷</sup>
SMF= SW/W	رابطه <sup>۸</sup>
SpMF= SpW/W	رابطه <sup>۹</sup>

که در رابطه‌های بالا *TDMF* کل وزن خشک گیاه در مرحله گلدهی، *TDMP* کل وزن خشک گیاه هنگام کشت، *LAI*، *LW*، به ترتیب شاخص سطح برگ و وزن خشک کل گیاه *LW* وزن برگ در مترمربع، *LA* شاخص سطح برگ در فضای نمونه برداری، *GA* سطح نمونه برداری هستند. از صفات فیزیولوژیک ثبت شده در مرحله گلدهی فراسنجه‌های ضریب استهلاک نوری (*K*)، کارایی مصرف نور (*RUE*) نیز با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Gardner *et al.*, 1985).

$K = -\ln(I_i/I_0)/LAI$	رابطه <sup>۱۰</sup>
$I_{abs} = I_0 \times (1 - \exp(-K \cdot LAI))$	رابطه <sup>۱۱</sup>
$RUE = TDM/I_{abs}$	رابطه <sup>۱۲</sup>

در رابطه‌های بالا *I<sub>i</sub>* تشعشع بالای تاج پوشش، *I<sub>o</sub>* تشعشع پایین تاج پوشش، *LAI* شاخص سطح برگ، *TDM* کل ماده خشک در مرحله گلدهی، *I<sub>abs</sub>* تشعشع جذب شده توسط تاج پوشش هستند. لازم به یادآوری است که میزان تشعشع جذب شده از بالای تاج پوشش و پایین تاج پوشش نیز توسط دستگاه تشعشع سنج ثبت شد.

پس از گردآوری داده‌ها و ثبت در نرم افزار Excel همه تجزیه‌های آماری صورت گرفته در این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS Institute, 2008) صورت گرفت.

بوته در مترمربع ۳۵۰ عدد در نظر گرفته شد. در آغاز آزمایش حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته مصرف شد و در طول فصل رشد نیز متناسب با نیاز کودی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی در اوایل ساقه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. پیش از کاشت بذرها، برای دستیابی به بیشینه سطح سبز مزرعه آبیاری شد (هیرم کاری) و عملیات کاشت بذرها در نیمه دوم مهرماه (۲۰ مهر) به صورت دستی انجام شد و بی‌درنگ پس از پایان عملیات کاشت مزرعه آبیاری شد (خاک آب). به منظور جلوگیری از رخداد تنش خشکی بر گیاهان و ایجاد شرایط بالقوه برای رشد، در فرآیند دوره رشد نیز چهار بار (ساق آب، خوشه آب، گل آب، دان آب) مزرعه آبیاری شد. از آغاز اجرای طرح حدود ۱ متر از هر واحد به منظور ثبت مراحل پدیدشناختی علامت گذاری شده و دو بار در هفته ارزیابی شد. صفات ریخت‌شناختی شامل ارتفاع بوته (تا آخرین برگ و تا انتهای ریشک)، شمار پنجه، شمار پنجه‌های بارور و نابارور، طول سنبله و طول ساق گل (پدانکل) بوته‌های برداشت شده ثبت شد. به منظور ثبت صفات (تشنع و غلظت سبزینه یا کلروفیل برگ) در مرحله گلدهی همزمان با عملیات تخریبی به منظور ثبت صفات مهم (شاخص سطح برگ و ماده خشک به جداسازی اندام) از چهار نقطه محل نشانه گذاری شده هر کرت (بالای تاج پوشش یا کانوبی و سه نقطه از پایین تاج پوشش) تشعشع توسط دستگاه تشعشع سنج، و از ده بوته هر کرت شاخص اسپد<sup>۱</sup> (از برگ پرچم) توسط دستگاه سبزینه سنج ثبت شد. به منظور نمونه برداری تخریبی نیز ۱۷ بوته (۳۰ سانتی متر) در هر واحد آزمایشی از سطح خاک کف- بر شده و بی‌درنگ به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه پس از اندازه گیری ارتفاع بوته، و شمارش پنجه‌ها اقدام به ثبت شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج شد. در مرحله بعد وزن خشک هر یک از اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) و اندام‌های زایشی (سنبله، ساق گل، دانه) به طور مجزا اندازه گیری شد. برای اندازه گیری این بخش‌ها اندام‌های مورد هدف به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و در نهایت با ترازوهای دیجیتالی توزین شدند. پس از ثبت صفات فیزیولوژیک در نهایت در رقم‌های مورد هدف جو به منظور اندازه گیری عملکرد از چهار ردیف وسط هر کرت حدود ۱ متر برداشت شد و صفات عملکرد زیست توده (بیوماس) تر و عملکرد دانه اندازه گیری شدند. در نهایت برای محاسبه شاخص‌های مؤثر در تجزیه رشد گیاهی همانند

2. Leaf Area Ratio  
3. Specific Leaf Area  
4. Leaf Mass Fraction  
5. Stem Mass Fraction  
6. Spike Mass Fraction

1. SPAD

سرعت تولید و آسمیلات توان مخزن در تجمع و انباشت این مواد است که یکی از مخزن‌های توانمند گیاهی در تجمع مواد ساقه است که با ارتفاع گیاه افزون بر افزایش شمار مخزن‌ها، شمار منبع‌های گیاهی جدید (برگ) نیز افزایش یافته و میزان انباشت مواد در اندام‌های مختلف گیاهی و وزن خشک آن‌ها افزایش می‌یابد.

#### نسبت شاخص سطح برگ (LAR) و سطح ویژه برگ (SLA)

نتایج نشان داد شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ رقم‌های مختلف جو در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم‌های دشت، ماکوئی، والفجر و بهمن به ترتیب بیشترین نسبت شاخص سطح برگ و رقم نصرت و یوسف نیز کمترین نسبت شاخص سطح برگ را دارند (جدول ۴). نسبت شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت بین سطح پهنک یا بافت‌های نورساخت‌کننده به کل بافت‌های تنفس‌کننده یا وزن گیاه است. از سوی دیگر LAR نشان‌دهنده پر برگی یک گیاه است. بنابراین می‌توان گفت که رقم دشت به خاطر دوردیفه بودن آن، نسبت بخش رویشی (برگ و ساقه) به زایشی (سنبله) بیشتری داشته که بیشینه اندام‌های هوایی آن را نیز برگ تشکیل می‌دهد. ارقام ماکوئی، والفجر و بهمن نیز به علت دیررس بودن و پابلندی تعداد برگ بیشتری داشته که برخلاف رقم‌های زودرس سطح ویژه برگ آن‌ها بیشتر بود. همچنین لازم به یادآوری است که رقم‌های یوسف، بهمن و رودشت بیشترین سطح ویژه برگ را داشته و رقم‌های لوت و دشت نیز کمترین نسبت شاخص سطح برگ را دارند.

#### کارایی مصرف نور (RUE)

در ارقام مختلف جو، کارایی مصرف نور تفاوت معنی‌داری ( $a=0/05$ ) داشت (جدول ۳). رقم‌های نصرت و رودشت بیشترین کارایی مصرف نور را داشته و می‌تواند به ازای یک مگاژول انرژی مصرفی دی‌اکسید کربن بیشتری را تثبیت کنند (جدول ۴). رقم دو ردیفه دشت (۱/۸۵ گرم در مگاژول) و دیررس ماکوئی (۱/۹۸ گرم در مگاژول) نیز کمترین میزان کارایی مصرف نور را دارند که از جمله دلایل عملکرد پایین این رقم‌ها است. رقم‌های فجر ۳۰ و بهرخ بیشترین و رقم‌های بهمن و لوت کمترین ضریب استهلاک نوری را به خود اختصاص داده‌اند و به عبارت دیگر می‌توان گفت که قابلیت رقم‌های فجر ۳۰ و بهرخ در جذب نور رسیده به سطح تاج‌پوشش کمتر از دیگر رقم‌های جو بوده و نور بیشتری را با داخل تاج‌پوشش نفوذ

مقایسه میانگین داده‌ها نیز بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

#### صفات فیزیولوژیک (در مرحله گلدهی)

#### شاخص سطح برگ (سطح برگ سبز (GLAI) و سطح برگ زرد (YLAI))

نتایج نشان داد، شاخص سطح برگ سبز رقم‌های مختلف جو در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد، بین رقم‌های مورد بررسی از نظر میزان شاخص سطح برگ سبز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند، به طوری که بیشترین میزان شاخص سطح برگ سبز مربوط به رقم‌های بهمن و لوت بوده و کمترین میزان آن مربوط به رقم‌های فجر ۳۰ و یوسف است. رقم بهمن با توجه به دیررس بودن شمار پنجه بیشتری داشته که به نسبت افزایش شمار پنجه شاخص سطح برگ آن نیز افزایش یافته است. بنابراین می‌توان گفت، رقم‌های دیررس نسبت به رقم‌های زودرس در مرحله گلدهی شاخص سطح برگ بیشتری دارند. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان داد، به‌رغم اینکه شاخص سطح برگ سبز رقم هسته‌ای رودشت (۵/۱۰) کمتر از رقم‌های بهمن (۵/۸۶) و لوت (۵/۴۰) بوده ولی نسبت به دیگر رقم‌های مورد بررسی جو بیشتر است که این نشان‌دهنده این است که کاربرد فناوری هسته‌ای در بهبود صفات کلیدی مؤثر در عملکرد نقش مهمی را می‌تواند ایفا کند. همچنین می‌توان گفت، از جمله دلایل عملکرد بالای رقم رودشت نیز بالا بودن شاخص سطح برگ سبز و شمار پنجه بالای آن است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، اگرچه شاخص سطح برگ زرد رقم‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با این وجود بیشینه شاخص سطح برگ زرد مربوط به رقم‌های بهمن و نیک است. بررسی نتایج ضریب‌های همبستگی ساده (جدول ۹) نشان داد، بین شاخص سطح برگ کل (سبز و زرد) با ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، کارایی مصرف نور، شاخص سطح برگ سبز و زرد، وزن خشک برگ سبز و وزن خشک برگ زرد همبستگی مثبت و معنی‌دار بود در حالی که شاخص سطح برگ با ضریب استهلاک نوری همبستگی منفی داشت. لازم به یادآوری است که با افزایش شاخص سطح برگ به‌طور معمول کارایی گیاه در استفاده از نور دریافتی و تبدیل آن به آسمیلات تولیدی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر نیز یکی از عامل‌های مؤثر در نورساخت و افزایش

می‌دهند (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک رقم‌های جو در مرحله گلدهی

Table 3. Analysis of variance of the physiological traits of various barley cultivars at flowering stage

Source of variation (SOV)	Degree of freedom	Means squares										
		GLAI	YLAI	RUE	K	Chl	CGR	LAR	SLA	LMF	SMF	SPMF
Replication	2	87.1 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	1.22 <sup>ns</sup>	1.11 <sup>ns</sup>	570.57 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0011 <sup>ns</sup>	0.0011 <sup>ns</sup>
Treatment	13	1.63 <sup>*</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>*</sup>	0.01 <sup>*</sup>	44.65 <sup>*</sup>	20.16 <sup>*</sup>	1.68 <sup>*</sup>	92.42 <sup>*</sup>	0.0021 <sup>*</sup>	0.0032 <sup>*</sup>	0.0047 <sup>*</sup>
Error	26	0.72	0.50	0.12	0.003	80.5	4.55	4.52	147.71	0.0004	0.0012	0.0009
CV	-	60.18	22.78	15.97	13.72	4.79	10.61	11.46	9.76	9.17	5.60	23.21

ns و \* به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد.

ns and \* : Non- Significant and significant differences at 5% level of probability, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک رقم‌های جو و در مرحله گلدهی

Table 4. Mean comparison of the physiological traits of various barley cultivars at flowering stage

Cultivars	GLAI	YLAI	RUE (g MJ <sup>-1</sup> )	K	Chl	CGR ((g/m <sup>2</sup> )d <sup>-1</sup> )	LAR (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	SLA (kg m <sup>-2</sup> )	LMF	SMF	SPMF
Behrokh	4.06 <sup>bcd</sup>	1.53 <sup>a</sup>	2.15 <sup>b</sup>	0.5 <sup>ab</sup>	49.74 <sup>cd</sup>	19.52 <sup>bcd</sup>	1.60 <sup>def</sup>	126.22 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.10 <sup>cd</sup>
Bahman	5.86 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.59 <sup>ab</sup>	0.3 <sup>d</sup>	50.16 <sup>cd</sup>	21.50 <sup>abc</sup>	2.26 <sup>a</sup>	137.44 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.60 <sup>cd</sup>	0.12 <sup>bcd</sup>
Dasht	4.97 <sup>abc</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.85 <sup>c</sup>	0.4 <sup>bc</sup>	52.57 <sup>abc</sup>	18.48 <sup>d</sup>	2.00 <sup>abcd</sup>	110.63 <sup>c</sup>	0.24 <sup>abc</sup>	0.64 <sup>abcd</sup>	0.10 <sup>cd</sup>
Roudasht	5.10 <sup>abc</sup>	2.31 <sup>a</sup>	2.52 <sup>abc</sup>	0.4 <sup>bc</sup>	47.70 <sup>d</sup>	23.51 <sup>ab</sup>	1.71 <sup>cdef</sup>	137.43 <sup>a</sup>	0.21 <sup>cd</sup>	0.68 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>d</sup>
Rayhann	4.35 <sup>abcd</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.14 <sup>bc</sup>	0.4 <sup>abc</sup>	54.91 <sup>ab</sup>	19.77 <sup>bcd</sup>	1.90 <sup>abede</sup>	111.97 <sup>bc</sup>	0.21 <sup>cd</sup>	0.65 <sup>abc</sup>	0.13 <sup>bcd</sup>
Rayhann 03	4.58 <sup>abcd</sup>	1.76 <sup>a</sup>	2.24 <sup>abc</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	56.10 <sup>a</sup>	19.57 <sup>bcd</sup>	1.82 <sup>abdef</sup>	118.51 <sup>abc</sup>	0.21 <sup>cd</sup>	0.58 <sup>d</sup>	0.21 <sup>a</sup>
Fajr 30	3.31 <sup>d</sup>	2.00 <sup>a</sup>	1.89 <sup>bc</sup>	0.5 <sup>a</sup>	49.66 <sup>cd</sup>	17.47 <sup>cd</sup>	1.83 <sup>acdef</sup>	113.70 <sup>bc</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.62 <sup>bcd</sup>	0.17 <sup>ab</sup>
Kavir	4.00 <sup>bcd</sup>	1.47 <sup>a</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.4 <sup>bc</sup>	49.66 <sup>cd</sup>	17.49 <sup>cd</sup>	1.70 <sup>cdef</sup>	119.04 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.63 <sup>bcd</sup>	0.16 <sup>ab</sup>
Lout	5.40 <sup>ab</sup>	2.30 <sup>a</sup>	2.50 <sup>abc</sup>	0.3 <sup>cd</sup>	42.32 <sup>e</sup>	22.89 <sup>ab</sup>	1.80 <sup>bcddef</sup>	107.08 <sup>c</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.62 <sup>bcd</sup>	0.17 <sup>ab</sup>
Makouee	4.67 <sup>abcd</sup>	2.51 <sup>a</sup>	1.98 <sup>bc</sup>	0.4 <sup>abc</sup>	47.81 <sup>d</sup>	16.80 <sup>d</sup>	2.10 <sup>ab</sup>	111.63 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	0.67 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>d</sup>
Nosrat	4.82 <sup>abc</sup>	1.79 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>	0.4 <sup>c</sup>	50.69 <sup>bcd</sup>	25.18 <sup>a</sup>	1.40 <sup>f</sup>	134.83 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>d</sup>	0.63 <sup>bcd</sup>	0.17 <sup>ab</sup>
Nick	4.56 <sup>abcd</sup>	2.55 <sup>a</sup>	2.01 <sup>bc</sup>	0.4 <sup>c</sup>	51.04 <sup>bcd</sup>	21.29 <sup>abc</sup>	1.80 <sup>cdef</sup>	135.32 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>abc</sup>	0.59 <sup>cd</sup>	0.15 <sup>abc</sup>
Valfajr	5.06 <sup>abc</sup>	2.23 <sup>a</sup>	2.26 <sup>abc</sup>	0.4 <sup>c</sup>	47.66 <sup>d</sup>	19.58 <sup>bcd</sup>	2.11 <sup>abc</sup>	129.53 <sup>abc</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.63 <sup>bcd</sup>	0.09 <sup>cd</sup>
Yousof	3.44 <sup>cd</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.33 <sup>abc</sup>	0.4 <sup>abc</sup>	53.08 <sup>abc</sup>	20.35 <sup>bcd</sup>	1.50 <sup>ef</sup>	141.30 <sup>a</sup>	0.22 <sup>bcd</sup>	0.62 <sup>bcd</sup>	0.15 <sup>abc</sup>

\*میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد هستند.

\*Means with in each column having at least same letter are not significantly different at 5% level of probability.

آن بیشتر از دیگر اندام‌های گیاهی بوده و دیگر بخش‌های گیاهی نیز درصد حمایت آن هستند بنابراین با افزایش نور دریافتی و افزایش سرعت تولید مواد نورساختی میزان مواد تسهیم یافته به سنبله و دیگر اندام‌های گیاهی مانند ساقه افزایش یافته که در نتیجه آن نیز عملکرد دانه گیاه افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان اظهار داشت که با افزایش شاخص سطح برگی میزان نور هدررفته از سطح تاج‌پوشش (ضریب استهلاک نوری) کاهش می‌یابد که این به نوبه خود می‌تواند در افزایش کارایی مصرف نور مؤثر باشد.

نورساخت و درنهایت تولید ماده خشک است. در رقم‌های مختلف جو سبزینه برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم‌های زودرس ریحان ۰۳ و ریحان بیشینه میزان

کارایی مصرف نور رقم‌های با صفات شاخص سطح برگ کل (شاخص سطح برگ زرد و سبز)، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ (سبز و زرد) و وزن خشک سنبله همبستگی مثبتی داشته ولی با ضریب استهلاک نوری و میزان نور جذب‌شده توسط تاج‌پوشش همبستگی منفی و معنی‌داری دارد (جدول ۹). لازم به یادآوری است که با افزایش شاخص سطح برگ میزان نور دریافتی در واحد سطح افزایش یافته و گیاه با توان بالایی نور دریافتی را به آسمیلات تبدیل می‌کند. از سوی دیگر نیز با توجه به اینکه در مرحله گلدهی یکی از مخزن‌های جدید تشکیل یافته سنبله است که میزان تقاضای

شاخص SPAD (Chl)

غلظت سبزینه برگ یکی از معیارهای مهمی است که نشان‌دهنده توان منبع در انجام نورساخت و تعیین سرعت

**سرعت رشد گیاه در فاز رویشی (CGR<sub>v</sub>)**

سرعت رشد گیاه، افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان است و به‌طور گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان به کار گرفته شده است. اختلاف بین سرعت رشد رویشی گیاه در بین رقم‌های مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم‌های نصرت و رودشت بیشترین و رقم دشت کمترین سرعت رشد رویشی را داشتند (جدول ۴). بنابراین می‌توان گفت نژادگان دشت افزون بر اینکه نتوانسته از اندام‌های هوایی برای انجام عمل نورساخت استفاده کند، توان انتقال دوباره مواد در آن نیز پایین بوده است. رقم‌های فجر ۳۰ و ریحان ۰۳ نیز به‌رغم اینکه نسبت به برخی رقم‌های دیگر جو CGR پایینی دارند ولی عملکرد بالاتری از آن‌ها داشته که دلیل اصلی این عملکرد بالا می‌تواند به دلیل استفاده بهتر این نژادگان‌ها از سامانه‌های انتقال دوباره مواد باشد. الگوی CGR نژادگان‌های مورد بررسی در این تحقیق همسان نتایج گزارش شده توسط برخی از محققان است که همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین CGR و عملکرد دانه گندم گزارش کردند (Davidson & Campell 1984; Karimi, 1979).

**صفات ریخت‌شناختی مرتبط با عملکرد در مرحله گلدھی**

در رقم‌های مختلف جو همه صفات ریخت‌شناختی مرتبط با عملکرد (ارتفاع بوته تا برگ پرچم، ارتفاع بوته تا انتهای ریشک، طول ساق گل و سنبله، شمار پنجه بارور، شمار پنجه نابارور) به جز شمار پنجه کل (پنجه بارور و نابارور) در سطح ۵ درصد در مرحله گلدھی معنی‌دار بود (جدول ۵). به ترتیب رقم‌های والفجر، ماکوئی، رودشت و ریحان بیشترین ارتفاع تا برگ پرچم و ارتفاع تا انتهای ریشک را داشته و در مقایسه با رقم‌های دیگر می‌توان آن‌ها را به‌عنوان پابلندترین رقم‌ها معرفی کرد (جدول ۶). رقم فجر ۳۰ با ارتفاع (تا برگ پرچم) ۵۵/۲۳ سانتی‌متر و ارتفاع (تا انتهای ریشک) ۵۷/۸۱ سانتی‌متر پاکوتاه‌ترین رقم است. در بین رقم‌های مورد بررسی، رقم‌های نصرت و لوت بیشترین میزان طول سنبله و ساق گل را داشتند (جدول ۶). به ترتیب رقم‌های والفجر، ماکوئی، رودشت، بهمن و ماکوئی نیز کوتاه‌ترین طول سنبله و ساق گل در مرحله گلدھی را داشتند که از دلایل این امر می‌توان به دیررس و نیمه دیررس بودن و پابلندی این رقم‌ها اشاره کرد. بر پایه نتایج موجود به‌رغم اینکه تأثیر رقم بر شمار پنجه کل (بارور و نابارور) در مرحله گلدھی معنی‌دار نشده و رقم‌های آزمایش اختلاف چندانی با هم ندارند، با این وجود رقم‌های دو

غلظت سبزینه برگ را داشته درحالی‌که پس از رقم لوت رقم‌های دیررس و پابلند ماکوئی والفجر کمترین میزان سبزینه برگ در مرحله گلدھی را دارند (جدول ۴). همبستگی سبزینه برگ به‌غیر از صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ سبز، ارتفاع، وزن خشک ساقه و شمار پنجه نابارور که همبستگی منفی بود، با دیگر صفات همبستگی معنی‌داری نداشت (جدول ۹).

**ضریب تخصیص اندام‌های مختلف (برگ) (LMF)، ساقه (SMF) و سنبله (SpMF)**

تفاوت رقم‌های مورد بررسی جو در صفات نسبت وزن برگ، نسبت وزن ساقه و نسبت وزن سنبله معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ضریب تخصیص برگ (نسبت وزن برگ) مربوط به رقم‌های والفجر، بهمن و ماکوئی بوده که دلیل این امر نیز دیررس بودن آن‌ها و برخورداری از شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ بالا است (جدول ۴). از سوی دیگر رقم‌های به‌رخ، رودشت و ماکوئی بیشینه نسبت وزن ساقه دارند که از دلایل آن می‌توان به دوردیفه بودن به‌رخ، نیمه‌پابلندی و هسته‌ای بودن رودشت و پابلندی ماکوئی اشاره کرد. زیرا که با افزایش ارتفاع بوته به‌طور معمول نسبت بافت‌های سلولزی و لیگنینی گیاه افزایش یافته و از سوی دیگر به علت تشکیل مخزن‌های جدید در گیاه مواد ذخیره‌ای ساقه افزایش می‌یابد که به‌نوبه خود باعث می‌شود که مواد نورساختی بیشتری در ساقه تجمع یابد. رقم‌های ماکوئی، رودشت و والفجر کمترین نسبت وزن سنبله را داشته و رقم ریحان ۰۳، فجر ۳۰ و نصرت بیشترین نسبت وزن سنبله و کمترین نسبت وزن برگ و ساقه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴). بنابراین می‌توان اظهار داشت رقم‌هایی که ضریب تخصیص برگ و ساقه بالاتری دارند، ضریب تخصیص سنبله و درنهایت عملکرد دانه کمتری در مرحله گلدھی دارند. همچنین می‌توان گفت، رقم‌های پابلند و دیررس نسبت به رقم‌های پاکوتاه و زودرس ضریب تخصیص برگ و ساقه بیشتر و ضریب تخصیص سنبله و عملکرد دانه بیشتری دارند. البته لازم به یادآوری است که در برداشت نهایی، ضریب تخصیص اندام‌های مختلف برخی از رقم‌های جو مانند رقم هسته‌ای رودشت تغییر کرده و آسمیلات موجود در اندام‌های مختلف با فرآیند انتقال دوباره مواد از ساقه، برگ و دیگر اندام‌های گیاهی (ریشک، ساق گل) به سنبله و دانه منتقل و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه رقم‌ها شده است.

پنجهٔ بارور به ترتیب مربوط به رقم‌های پابلند و پرپنجه و الفجر، ماکوئی، دشت و ریحان بوده (جدول ۶) که به ازای افزایش شمار پنجه نیز تقاضای گیاه برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز این اندام‌ها افزایش می‌یابد که به خاطر تعدیل تأمین تقاضای اندام‌های یادشده، گیاه راهبردی خودتنکی (پنجه) را پیش گرفته و از این راه اقدام به کاهش شمار پنجه‌های بارور خود می‌نماید.

ردیفه به‌رخ و دشت نسبت به دیگر رقم‌های جو بیشترین شمار پنجهٔ بارور و نابارور را دارند. از بین رقم‌های شش ردیفه نیز رقم‌های نیک، نصرت و فجر ۳۰ بیشترین شمار پنجه را به خود اختصاص دادند. لازم به یادآوری است که بالا بودن شمار پنجهٔ کل رقم به‌رخ به خاطر داشتن پنجهٔ نابارور زیاد است به‌طوری‌که در بین رقم‌های مورد آزمایش بیشینه شمار پنجهٔ نابارور (۷/۶۸) را به خود اختصاص داده است. کمترین شمار

جدول ۵. تجزیهٔ واریانس میانگین مربعات صفات ریخت‌شناختی رقم‌های جو در مرحلهٔ گلدهی

Table 5. Analysis of variance of the morphological traits of various barley cultivars at flowering stage

Means square							
Source of variation (SOV)	Degree of freedom	Plant height (up to end of last leaf)	Plant height (up to end of awn)	Length of Spike+ peduncle	Number of total tillers plant <sup>-1</sup>	Number of fertile tillers plant <sup>-1</sup>	Number of non-fertile tillers plant <sup>-1</sup>
Replication	2	65.67 <sup>ns</sup>	90.71 <sup>ns</sup>	4.88 <sup>ns</sup>	3.68 <sup>ns</sup>	4.24 <sup>ns</sup>	1.30 <sup>ns</sup>
Treatment	13	678.79*	256.94*	97.25*	6.58 <sup>ns</sup>	3.84*	5.79 <sup>ns</sup>
Error	26	38.80	48.79	32.26	3.52	1.58	3.10
CV	-	8.17	7.24	28.11	21.47	22.42	25.91

ns و \* به ترتیب نداشتن تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد.

<sup>ns</sup> and \*: Non- Significant and significant differences at 5% level of probability, respectively.

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین صفات ریخت‌شناختی رقم‌های جو در مرحلهٔ گلدهی

Table 6. Mean comparisons of the morphological traits of various barley cultivars at flowering stage

Cultivars	Plant height (up to end of last leaf) (cm)	Plant height (up to end of awn) (cm)	Length of Spike+ peduncle (cm)	Number of total tillers plant <sup>-1</sup>	Number of fertile tillers plant <sup>-1</sup>	Number of non-fertile tillers plant <sup>-1</sup>
Behrokh	70.83 <sup>cd</sup>	88.09 <sup>cd</sup>	17.25 <sup>abcd</sup>	11.76 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	7.68 <sup>a</sup>
Bahman	71.49 <sup>cd</sup>	86.81 <sup>cd</sup>	14.87 <sup>bcd</sup>	8.94 <sup>abc</sup>	5.41 <sup>a</sup>	3.53 <sup>bc</sup>
Dasht	76.61 <sup>cd</sup>	93.89 <sup>bc</sup>	17.27 <sup>abcd</sup>	9.98 <sup>ab</sup>	5.21 <sup>a</sup>	4.76 <sup>abc</sup>
Roudasht	86.65 <sup>bc</sup>	99.78 <sup>abc</sup>	13.13 <sup>cd</sup>	7.21 <sup>bc</sup>	2.62 <sup>b</sup>	2.80 <sup>c</sup>
Rayhann	80.88 <sup>bcd</sup>	104.02 <sup>ab</sup>	23.14 <sup>abc</sup>	6.21 <sup>c</sup>	3.41 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>bc</sup>
Rayhann 03	78.29 <sup>cd</sup>	103.57 <sup>ab</sup>	25.28 <sup>ab</sup>	8.14 <sup>abc</sup>	4.13 <sup>ab</sup>	5.72 <sup>abc</sup>
Fajr 30	55.23 <sup>f</sup>	75.87 <sup>d</sup>	20.65 <sup>abcd</sup>	9.36 <sup>abc</sup>	4.08 <sup>ab</sup>	5.27 <sup>abc</sup>
Kavir	77.73 <sup>cd</sup>	102.58 <sup>ab</sup>	24.84 <sup>ab</sup>	8.68 <sup>abc</sup>	3.84 <sup>ab</sup>	4.84 <sup>abc</sup>
Lout	71.31 <sup>cd</sup>	97.96 <sup>abc</sup>	26.65 <sup>a</sup>	8.96 <sup>abc</sup>	5.23 <sup>a</sup>	3.72 <sup>bc</sup>
Makouee	90.18 <sup>ab</sup>	102.80 <sup>ab</sup>	12.62 <sup>cd</sup>	6.58 <sup>bc</sup>	2.51 <sup>b</sup>	4.07 <sup>bc</sup>
Nosrat	74.42 <sup>cd</sup>	101.32 <sup>ab</sup>	26.91 <sup>a</sup>	9.52 <sup>abc</sup>	2.63 <sup>b</sup>	6.90 <sup>ab</sup>
Nick	63.29 <sup>ef</sup>	87.72 <sup>cd</sup>	24.48 <sup>ab</sup>	10.13 <sup>ab</sup>	3.72 <sup>ab</sup>	6.29 <sup>ab</sup>
Valfajr	100.24 <sup>a</sup>	111.14 <sup>a</sup>	10.90 <sup>d</sup>	7.76 <sup>bc</sup>	1.96 <sup>b</sup>	5.80 <sup>ab</sup>
Yousof	69.15 <sup>cd</sup>	93.29 <sup>bc</sup>	24.73 <sup>ab</sup>	9.19 <sup>abc</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	5.94 <sup>abc</sup>

\*میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد هستند.

\*Means with in each column having at least same letter are not significantly different at 5% level of probability.

هزینه‌های اضافی گیاه درزمینهٔ تغذیهٔ پنجه‌های نابارور جلوگیری کند. ارتفاع بوته (تا انتهای ریشک و آخرین برگ) با صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ سبز و وزن خشک سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته درحالی‌که بین ارتفاع بوته تا آخرین برگ

البته لازم به یادآوری است که رقم هسته‌ای رودشت در مقایسه با دیگر رقم‌های شمار پنجهٔ نابارور کمتری داشته که نکتهٔ قابل توجه این می‌تواند باشد که کاربرد فناوری هسته‌ای در اصلاح رقم‌ها توانسته است که شمار پنجهٔ نابارور گیاه را کاهش دهد تا از



در گیاه (مانند سنبله، ساق گل و غیره) تقاضای گیاه و در نتیجه آن نیز رقابت مخزن‌های موجود در جذب آسمیلات تولیدی افزایش می‌یابد.

بنابراین در جهت کاهش رقابت و تأمین تقاضای مخزن‌های جدید و از سوی جلوگیری از افت عملکرد نهایی همزمان با افزایش نورساخت، مواد ذخیره‌ای موجود در اندام‌های مختلف گیاهی (مانند برگ، ساقه) با فرآیند انتقال دوباره به سمت سنبله منتقل شده که نتیجه این امر تجمع آسمیلات تولیدی و انتقال یافته در مخزن‌های جدید و کاهش وزن خشک اندام‌های یادشده (برگ و ساقه) است. وزن خشک سنبله و ساق گل رقم نصرت بیشتر از دیگر رقم‌ها بوده و به ترتیب رقم‌های دیررس ماکوئی، بهمن و رقم پابلند والفجر نیز کمترین میزان وزن خشک سنبله و ساق گل را داشتند (جدول ۸). از جمله دلایل این امر نیز وزن خشک بالای ساقه و برگ این رقم‌ها بوده به طوری که نتایج جدول ۴ نشان داد، این رقم‌ها بیشینه نسبت وزن ساقه و نسبت وزن برگ داشته و مینیمم ضریب تخصیص سنبله را دارند. البته لازم به یادآوری است که در مرحله گلدھی به بعد ساق گل رقم ماکوئی دچار خمیدگی شده که این نشان‌دهنده کمبود بافت سلولزی و در پی آن استحکام کم ساق گل آن است که در نهایت باعث کاهش ماده خشک این رقم می‌شود. وزن خشک برگ با صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ سبز و شاخص سطح برگ کل همبستگی مثبت معنی‌داری داشته ولی در رابطه با غلظت سبزینه برگ و ضریب استهلاک نوری همبستگی منفی دارد. چراکه با افزایش شمار برگ و در پی آن با افزایش شاخص سطح برگ نور دریافتی در سطح تاج پوشش افزایش و ضریب استهلاک نوری کاهش می‌یابد (جدول ۹).

(برگ پرچم) با شمار پنجه کل (بارور و نابارور) و شمار پنجه بارور همبستگی منفی وجود داشت (جدول ۹). ارتفاع بوته تا انتهای ریشک نیز همبستگی منفی با شمار پنجه کل و شمار پنجه نابارور دارد. طول سنبله رقم‌ها نیز همبستگی مثبتی با وزن خشک سنبله دارد. به طوری که با افزایش طول سنبله به علت افزایش شمار سنبلچه در سنبله و شمار دانه در سنبله وزن خشک سنبله افزایش می‌یابد (جدول ۹).

### وزن خشک اندام‌های مختلف در مرحله گلدھی

نتایج نشان داد، در رقم‌های جو وزن خشک اندام‌های مختلف (برگ سبز، ساقه و سنبله)، به جز ماده خشک برگ زرد تفاوت معنی‌دار ( $a=0/05$ ) بود (جدول ۷). بیشترین وزن خشک ساقه در مرحله گلدھی مربوط به رقم‌های رودشت و نصرت بوده که دلیل این امر می‌تواند پابلند بودن رودشت و شمار پنجه بالای نصرت باشد (جدول ۸). رقم زودرس و دوردیفه دشت نیز با ماده خشک ساقه  $1942/5$  کیلوگرم در هکتار کمترین میزان را داشت. بیشترین میزان وزن خشک برگ سبز مربوط به رقم‌های پابلند والفجر و رودشت و رقم دیررس بهمن است (جدول ۸). زیرا که به نسبت افزایش ارتفاع شمار برگ افزایش یافته و توانایی گیاه در تأمین مواد مورد نیاز رشد بیشتر می‌شود و همچنین با توجه به این که رقم‌های دیررس نسبت به دیگر رقم‌ها از لحاظ مراحل رشدی به طور معمول چند روز عقب‌تر هستند که این باعث می‌شود تا برگ‌های آن‌ها دیرتر از رقم‌های زودرس دچار کندی رشد شود. رقم زودرس فجر ۳۰ نیز کمترین میزان وزن خشک برگ سبز را داشته که در توجیه علت پایین بودن وزن خشک رقم فجر ۳۰ می‌توان عنوان کرد که با توجه به اینکه مرحله گلدھی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه است که به علت ایجاد مخزن‌های جدید

جدول ۷. تجزیه واریانس وزن خشک اندام‌های مختلف (برگ، ساقه و سنبله) رقم‌های جو در مرحله گلدھی

Table 7. Analysis of variance of dry matter of various organs of barley at flowering stage

Source of variation (SOV)	Degree of freedom	Means squares			
		Green leaf	Yellow leaf	Stem	Spike
Replication	2	1058.04 <sup>ns</sup>	1172.09 <sup>ns</sup>	3077.10 <sup>ns</sup>	12890.41 <sup>ns</sup>
Treatment	13	36111.95*	12585.07 <sup>ns</sup>	296701.01*	80210.43*
Error	26	8327.28	6671.64	72383.51	8554.19
CV	-	18.46	23.05	11.53	26.19

ns و \* به ترتیب نداشتن تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد.

ns and \*: Non-Significant and significant differences at 5% level of probability, respectively.

جدول ۸. مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌های مختلف رقم‌های جو در مرحله گلدھی

Table 8. Mean comparison of the dry matter of various organs of barley cultivars at flowering stage

Cultivars	Green leaf (g m <sup>-2</sup> )	Yellow leaf (g m <sup>-2</sup> )	Stem (g m <sup>-2</sup> )	Spike (g m <sup>-2</sup> )
Behrokh	411.3 <sup>de</sup>	297.4 <sup>bc</sup>	2452.2 <sup>abcd</sup>	355.3 <sup>cd</sup>
Bahman	591.4 <sup>abc</sup>	501.3 <sup>a</sup>	2463.5 <sup>abcd</sup>	520.7 <sup>bc</sup>
Dasht	431.9 <sup>bcde</sup>	312.7 <sup>bc</sup>	1942.5 <sup>d</sup>	323.2 <sup>cd</sup>
Roudasht	621.9 <sup>ab</sup>	396.7 <sup>ab</sup>	2944.2 <sup>a</sup>	353.9 <sup>bcd</sup>
Rayhann	399.9 <sup>ed</sup>	365.9 <sup>abc</sup>	2340.1 <sup>bcd</sup>	472.9 <sup>bcd</sup>
Rayhann 03	452.1 <sup>bcd</sup>	299.9 <sup>bc</sup>	2049.5 <sup>d</sup>	701.4 <sup>ab</sup>
Fajr 30	302.4 <sup>c</sup>	310.1 <sup>bc</sup>	1947.5 <sup>d</sup>	563.7 <sup>bcd</sup>
Kavir	415.6 <sup>cde</sup>	234.5 <sup>c</sup>	1984.9 <sup>d</sup>	513.9 <sup>bcd</sup>
Lout	537.5 <sup>bcd</sup>	290.9 <sup>bc</sup>	2595.4 <sup>abc</sup>	720.4 <sup>ab</sup>
Makouee	448.6 <sup>bcde</sup>	372.1 <sup>abc</sup>	2144.5 <sup>cd</sup>	257.1 <sup>d</sup>
Nosrat	571.8 <sup>abcd</sup>	319.8 <sup>bc</sup>	5847.2 <sup>ab</sup>	739.9 <sup>a</sup>
Nick	567.7 <sup>abcd</sup>	390.7 <sup>abc</sup>	2285.8 <sup>cd</sup>	587.2 <sup>abc</sup>
Valfajr	727.0 <sup>a</sup>	301.5 <sup>bc</sup>	2390.2 <sup>bcd</sup>	345.8 <sup>cd</sup>
Yousof	458.4 <sup>bcde</sup>	360.9 <sup>abc</sup>	2270.2 <sup>cd</sup>	554.5 <sup>bcd</sup>

\*میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک در هر ستون بدون تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد هستند.

\*Mean in each column with the same letter is not significantly different at P&lt;0.05.

جدول ۹. ضریب‌های همبستگی صفات مختلف رقم‌های جو در مرحله گلدهی

Table 9. The correlation coefficients between various growths attributes of barley cultivars at flowering stage

Trait	A	B	C	d	e	f	G	h	i	J	k	l	m	n	o	p
Plant height (a)	1.00	0.13	-0.47**	-0.20 <sup>ns</sup>	-0.36*	0.03 <sup>ns</sup>	0.32*	-0.05 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	0.31*	0.04 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>
Spike length (b)		1.00	0.08 <sup>ns</sup>	0.32*	-0.15 <sup>nc</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.22 <sup>ns</sup>	0.66**	-0.01 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>
Number of total tillers plant <sup>-1</sup> (c)			1.00	0.45**	0.72**	-0.01 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	-0.003 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>
Number of fertile tillers plant <sup>-1</sup> (d)				1.00	-0.28 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.03	0.004 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	-0.20 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>
Number of non-fertile tillers plant <sup>-1</sup> (e)					1.00	-0.08 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>
Chlorophyll (f)						1.00	-0.26 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	-0.32*	0.05 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>
Green LAI (g)							1.00	0.06 <sup>ns</sup>	0.81*	0/33*	0.08 <sup>ns</sup>	0.68**	0.06	-0.60**	0.07 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>
Yellow LAI (h)								1.00	0.63*	0.28 <sup>ns</sup>	0.74**	0.14 <sup>ns</sup>	-0.11	-0.44**	-0.05	0.26
Total LAI (i)									1.00	0.42**	0.50**	0.61**	-0.01	-0.72**	0.03 <sup>ns</sup>	0.38**
Stem dry matter (j)										1.00	0.27 <sup>ns</sup>	0.55**	0.16 <sup>ns</sup>	-0.31*	-0.08 <sup>ns</sup>	0.74**
Yellow leaf dry matter (k)											1.00	0.10 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	-0.45**	-0.08 <sup>ns</sup>	0.33**
Green leaf dry matter (l)												1.00	0.14 <sup>ns</sup>	-0.52**	0.13 <sup>ns</sup>	0.46**
Spike dry matter (m)													1.00	-0.31*	-0.04 <sup>ns</sup>	0.47**
Extinction coefficient (n)														1.00	0.30*	-0.63**
Intercepted light (o)															1.00	-0.58**
Radiation use efficiency (p)																1.00

ns, \* and \*\* به ترتیب نداشتن تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, \* and \*\*: Non- Significant and significant differences at 5% and 1% level of probability, respectively.

## نتیجه‌گیری کلی

رویشی و غیره برتری خاصی نسبت به رقم‌های قدیمی جو داشتند. بیشترین ضریب تخصیص برگ در مرحله گلدهی مربوط به رقم‌های دیررس از جمله والفجر، بهمن و ماکوئی است که شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ بالایی دارند. از سوی دیگر رقم‌های به‌رخ، رودشت و ماکوئی بیشینه نسبت وزن ساقه داشته که

نتایج بررسی‌ها نشان داد، رقم‌های جدید (رقم‌های معرفی شده در یک دهه اخیر از جمله لوت، ریحان ۰۳ و فجر ۳۰) و رقم اصلاح شده با دانش و فناوری هسته-ای (رودشت) در اغلب موارد از جمله کارایی مصرف نور، سطح برگ، نسبت وزن سنبله، سرعت رشد

داده‌اند. بنابراین می‌توان اظهار داشت رقم‌هایی که ضریب تخصیص برگ و ساقه بالاتری داشته باشند از ضریب تخصیص سنبله و در نهایت عملکرد دانه کمتری در مرحله گلدهی دارند. همچنین می‌توان گفت، رقم‌های پابلند و دپرس نسبت به رقم‌های پاکوتاه و زودرس ضریب تخصیص برگ و ساقه بیشتر و ضریب تخصیص سنبله و عملکرد دانه بیشتری دارند. البته لازم به یادآوری است که در برداشت نهایی، ضریب تخصیص اندام‌های مختلف برخی از رقم‌های جو مانند رقم هسته‌ای رودشت تغییر کرده و آسمیلات موجود در اندام‌های مختلف با فرآیند انتقال دوباره مواد از ساقه، برگ و دیگر اندام‌های گیاهی (ریشک، ساق‌گل) به سنبله و دانه منتقل شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه رقم‌ها شده است.

از دلایل آن می‌توان به دوردیفه بودن به‌رخ، نیمه-پابلندی و هسته‌ای بودن رودشت و پابلندی ماکوئی اشاره کرد، زیرا که با افزایش ارتفاع بوته به‌طور معمول نسبت بافت‌های سلولزی و لیگنینی گیاه افزایش یافته و از سوی دیگر به علت تشکیل مخزن‌های جدید در گیاه مواد ذخیره‌ای ساقه افزایش می‌یابد که به‌نوبه خود باعث می‌شود که مواد نورساختی بیشتری در ساقه تجمع یابد. رقم‌هایی که بیشترین میزان نسبت وزن برگ و ساقه را دارند نسبت به دیگر رقم‌ها کمترین نسبت وزن سنبله را دارند. در این زمینه می‌توان به رقم‌های ماکوئی، رودشت و والفجر اشاره کرد که کمترین نسبت وزن سنبله را داشته و رقم لوت، ریحان ۰۳ و فجر ۳۰ که بیشترین نسبت وزن سنبله و کمترین نسبت وزن برگ و ساقه را به خود اختصاص

## REFERENCES

- Beheshti, A. R. & Baroyi, Z. (2010). Yield associations with morpho-physiological traits on drought stress in grain sorghum genotypes. *Iran. Field Crop Research*. 8(3), 559- 568.
- Beheshti, A. R. & Behboodi Fard, B. (2011). Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. *Crop Science*. 4(3), 185- 189.
- Bullock, D. G., Nielsen, R. L. & Nyquist, W. E. (1988). A growth analysis of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*. 28, 245- 258.
- Bullock, D. G., Nielson, R. L. & Nypuist, W. E. (1988). A growth analysis comparison of cor growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*. 24, 1184-1191.
- Davidson, H. R. & Campbell, C. A. (1984). Growth rates, harvest index and moisture use of Manitou spring wheat as influenced by nitrogen, temperature and moisture. *Can. Plant Science*. 64, 825-839.
- Fitzpatrick, J. L. (2013). Global food security: The impact of veterinary parasites and parasitologists *Veterinary Parasitology*. 195, 233-248.
- Food and Agricultural Organization. (2008). *Crop Prospects and Food Situation*, 3, July 2008. FAO Refer-encase, Rome, Italy.
- Gardner, F. B., Pearce, R. B. & Mitchel, R. L. (1985). *Physiological of crop plants*. Iowa State University Press. USA. pp. 327.
- Griffiths, A. J. F. & Miller J.H. (1996). *An Introduction to Genetic Analysis*. 6th Ed., W.H. Freeman Co., New York. (pp. 152).
- Gupta, P. K., Rustgi, S. & Kumar, N. (2006). Genetic and molecular basis of grain size and grain number and its relevance to grain productivity in higher plants. *Genome*. 49, 565- 571.
- Hardwick, R.C. (1984). Some recent development in growth analysis. *A review. Ann. Bot.* 54, 807-812.
- Karimi, M. (1979). Soil moisture stress effects on reproductive and vegetative components of soyabean. Ph.D. thesis. Library. *Lowa state University of science and technology*. Ames. Lowa.
- Lutz, A. G. (2010). Dimensions of global population projection: What do we know about future population trends and structures? *Philos. Trans. R. Soc. B*. 365, 2779- 2791.
- Payne, W. A., Wendt, C. W., Hossner, L. R. & Gates., C. E. (1991). Estimating pearl millet leaf area. *Agron*. 83, 937- 941.
- Radford, P. J. (1967). Growth analysis. *Crop Science*. 7, 24-28.
- Rajput, A., Rajput, S. S. & JHA, G. (2017). Physiological parameters leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation of different varieties of rice grown under different planting geometries and depth in SRI. *Int. J. Pure App. Biosci*. 5(1): 362-367.

17. SAS Institute. (2000). The SAS System for Windows, Release 8.0. Carry, NC: Statistical Analysis System Institute.
18. Shih, S. F. & Gascho, G. J. (1980). Relationships among stalk length, leaf area and dry biomass of sugarcane *Agron.* 72, 309- 313.
19. Smith, C. W. & Fredriksen, R. A. (2000). Sorghum: Organic, History, Technology and Production. *John Wiley and ons Inc.*
20. Wareing, P. F. & Philips, I. D. J. (1990). Growth and differentiation in plants. *Pergamon press PIC, Oxford, England.* 53, 281-297.
21. Watson, D. J. (1995). The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* 4: 101-145.
22. Xing, Y. & Zhang, Q. (2010). Genetic and molecular basis of rice yield. *Annual Review of Plant Biology.* 61, 421- 442.