نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 913-901

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 901-913

روند توسعه سطح برگ، تجمع ماده خشک و پرشدن دانه باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بذر

صفورا جافرنوده[1]- ابراهیم زینلی[2*]- افشین سلطانی[3]- فاطمه شیخ[4]

تاریخ دریافت: 1395/05/13
تاریخ پذیرش: 1395/10/05

چکیده

شاخص سطح برگ و ماده خشک رابطه تنگاتنگی با عملکرد دانه دارند. به‌منظور بررسی تأثیر اندازه بذر در تاریخ‌های مختلف کاشت بر روند توسعه سطح برگ، تجمع ماده خشک و پرشدن دانه باقلا، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های خردشده در چهار تکرار در سال زراعی 93-1392 در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌اجرا درآمد. تاریخ کاشت (18 آبان، 28 آذر، 22 بهمن و 20 اسفند) به‌عنوان عامل اصلی و اندازه بذر (ریز، متوسط، درشت) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری سطح برگ در طول فصل رشد با فواصل زمانی یک هفته با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج انجام شد. نتایج نشان داد که بین اندازه بذر و تاریخ کاشت برای حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max})، عملکرد ماده خشک (BY) و عملکرد دانه (GY) اثر معنی‌داری وجود دارد. LAI_{max} بین 0/75 و 5/3، BY بین 2/56 و 12/05 تن در هکتار و GY بین 0/43 و 5/20 تن در هکتار متغیر بود. کم‌ترین مقادیر در مورد هر سه صفت یاد شده از ترکیب تیمارهای آخرین تاریخ کاشت و بذر ریز به‌دست آمد. بیش‌ترین LAI_{max} در تاریخ کاشت اول و بذر درشت، و بیش‌ترین BY و GY در اولین تاریخ کاشت و استفاده از بذر متوسط و درشت مشاهده شد. زمان لازم برای رسیدن به LAI_{max} و 50 درصد تجمع ماده خشک (W_{max}) و همچنین طول دوره پرشدن دانه (SFP) با تأخیر در کاشت به‌طور قابل توجهی کاهش یافت به‌طوری‌که از 80 روز در تاریخ کاشت آبان به 33 روز در تاریخ کاشت اسفند رسید. همچنین، در شرایط محیطی انجام آزمایش بین اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت و حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین حداکثر ماده خشک تجمعی و حداکثر ماده خشک تجمع‌یافته در دانه (عملکرد دانه) در واحد سطح همبستگی مثبتی مشاهده شد. با این حال، با توجه به تأثیر شرایط محیطی بر نتایج، تکرار آزمایش به مدت سه سال پیش از توصیه نتیجه یاد شده به تولیدکنندگان ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حداکثر شاخص سطح برگ، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، مدت پر شدن دانه

مقدمه

برگ‌های یک گیاه اندام‌های اصلی آن برای فتوسنتز هستند و شاخص سطح برگ (LAI[5]) بهترین معیار برای تعیین پتانسیل تولید ماده خشک در یک گیاه زراعی است (Akram Ghaderi *et al.*, 2003). شاخص سطح برگ تعیین‌کننده اصلی میزان نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و کف کانوپی است (Carretero *et al.*, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأخیر در تاریخ کاشت نسبت به زمان مطلوب موجب کاهش LAI، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فتوسنتز خالص می‌شود (Bange *et al.*, 1998; Salem and Osman, 2001). نتایج بسیاری از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که وجود سطح برگ بیش‌تر در مراحل زایشی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Jian Jin *et al.*, 2010). بین سطح برگ، عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه همبستگی بالایی وجود دارد (Karamanos and Gimenez, 1991). با تأخیر در کاشت، به‌دلیل مواجهه سریع‌تر

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
2- دانشیار و عضو هیأت علمی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3- استاد و عضو هیأت علمی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
4- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: e.zeinali@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.57938

5- Leaf Area Index

گیاه با روزهای بلندتر و دماهای بالاتر، سطح برگ تولید شده کاهش می‌یابد، در زمان کوتاه‌تری به حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max}) می‌رسد و با سرعت بیش‌تری نیز کاهش می‌یابد. در بررسی زینلی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2014) حداکثر شاخص سطح برگ در هر دو تاریخ کاشت 24 آبان و 2 دی حدود اول اردیبهشت (159 روز پس از کاشت 24 آبان و 130 روز پس از کاشت در تاریخ کاشت 2 دی) مشاهده شد و با تأخیر در کاشت حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافت. در آزمایش آن‌ها، حداکثر شاخص سطح برگ در فواصل بین ردیف 30، 45 و60 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان به‌ترتیب 4/8، 3/7، 3/0 و در تاریخ کاشت 2 دی به‌ترتیب 2/7، 2/0 و 1/8 بود.

با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق می‌شود و استفاده از عوامل محیطی برای رشد و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش می‌یابد. مقدار ماده خشک تولید شده معیاری از پتانسیل عملکرد می‌باشد و به‌شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار می‌گیرد. در کشت‌های زودهنگام به‌دلیل طولانی بودن فصل رشد و استفاده بیش‌تر از شرایط محیطی تجمع ماده خشک در بوته افزایش می‌یابد (Hashemabadi and Sedaghathoor, 2006) و تأخیر در کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک می‌شود. لیموچی و همکاران (Limoochi *et al.*, 2013) اثر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد برنج را در شمال خوزستان مورد مطالعه قرار دادند. روند تغییرات ماده خشک در بررسی ایشان نشان داد که افزایش ماده خشک گیاه در واحد زمان از آغاز مرحله ظهور خوشه تا رسیدگی از تابع سیگموئیدی پیروی می‌کند. افزایش ماده خشک در ابتدای رشد به‌صورت نمایی بود و سپس به‌صورت خطی ادامه یافت و در مراحل پایانی فصل رشد به‌دلیل ریزش برگ‌ها کاهش یافت. روند تغییرات تجمع ماده خشک در مطالعه آن‌ها تا 109 روز پس از کاشت بیش‌ترین تغییر در ماده خشک را نشان داد، پس از آن تا 121 روز پس از کاشت (دوره پر شدن دانه) شیب افزایش ماده خشک ملایم‌تر شد. در مطالعه پوررضا و همکاران (Pourreza *et al.*, 2007) نیز اثر زمان کاشت بر عملکرد ماده خشک نخود خشک ایرانی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی‌دار بوده و تجمع ماده خشک با تأخیر در تاریخ کاشت به‌طور قابل توجهی کاهش یافت.

اندازه بذر با میزان ذخایر غذایی آن رابطه مثبت دارد و با افزایش اندازه بذر اندازه گیاهچه حاصله بزرگ‌تر می‌شود که به‌نوبه خود می‌تواند به تولید بوته‌های بزرگ‌تر منتهی شود. در تحقیقات موسوی‌نیک و همکاران (Moussavi Nik *et al.*, 2011) در تمام ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) مورد آزمایش، بوته‌های حاصل از بذرهای درشت در مقایسه با بوته‌های حاصل از بذرهای ریزتر ماده خشک بیش‌تری تولید کردند. در آزمون رشد گیاهچه که توسط مشتطی و همکاران (Moshatati *et al.*, 2009) انجام شد وزن هزار دانه بر طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین، بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه مربوط به بذرهای دارای حداکثر وزن هزاردانه (درشت‌ترین بذرها) و کم‌ترین مقدار مربوط به کوچک‌ترین بذرها بود. در یونجه، بذرهای درشت در مقایسه با بذرهای ریزتر ماده خشک بیش‌تری تولید کردند (Ariapour and Torknezhad, 2011). در تحقیق مزیدی (Mazidi, 2014) نیز بوته‌های حاصل از بذرهای درشت باقلا بزرگ‌تر بوده و ماده خشک بیش‌تری تولید کردند.

سرعت و دوره پر شدن دانه از صفات مؤثر بر عملکرد دانه هستند که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Rahemi Karizaki, 2011). فرآیند پر شدن دانه شامل سه مرحله می‌باشد. در ابتدا وزن خشک دانه به‌آرامی و در یک مرحله تأخیری افزایش می‌یابد. سپس، مرحله خطی پر شدن دانه شروع می‌شود. طی این مرحله حدود 90 درصد از وزن خشک دانه تجمع می‌یابد. این مرحله را دوره مؤثر پر شدن دانه نیز می‌گویند. در مرحله سوم که دوره رسیدگی نامیده می‌شود ماده خشک دانه افزایش قابل توجهی پیدا نمی‌کند و در پایان این مرحله ارتباط گیاه مادری با دانه قطع می‌شود (Kafi *et al.*, 2001; Beebe *et al.*, 2001).

تنش گرما سرعت پر شدن دانه را تسریع و طول دوره پر شدن دانه را کوتاه می‌کند (Muhammad *et al.*, 2011). در مقابل، ویسوواناتان و خاناکوپرا (Viswanathan and Khanna-Chopra, 2001) طی آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که هم سرعت و هم دوره پر شدن دانه با تنش گرما کاهش می‌یابد. در تحقیق راحمی‌کاریزکی و فروغی (RahemiKarizaki and Foroughi, 2016) دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت 13 آبان 45/06 و در تاریخ کاشت 13 آذر 33/81 و در 13 دی 22/93 روز بود و با تأخیر در کاشت از 13 آبان تا 13 دی دوره پر شدن دانه به میزان 8/53 روز کاهش یافت و منجر به کاهش وزن دانه به میزان 0/27 میلی‌گرم گردید. ایشان دلیل کاهش دوره پر شدن دانه را افزایش دما و طول روز بیان کرد. در آزمایش نامبردگان سرعت پر شدن دانه باقلا (*Vicia faba* L.) در سه تاریخ کاشت 13 آبان، 13 آذر و 13 دی به‌ترتیب 0/12، 0/24 و 0/22 بود که بین تاریخ کاشت 13 آذر و 13 دی تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (RahemiKarizaki and Foroughi, 2016). تنوع سرعت درون و بین گونه‌های رابطه نزدیکی با تنوع در اندازه بذر دارد و به‌طور کلی بذور درشت سریع‌تر و بذور ریز کندتر رشد می‌کنند (Kafi *et al.*, 2001). به‌طور مثال سرعت پر شدن دانه باقلا با وزن دانه 2/01 گرم برابر 0/035 گرم در روز و برای لوبیا با وزن دانه 0/48 گرم 0/003 بود (Kafi *et al.*, 2001).

افزایش شاخص سطح برگ با فتوسنتز بیش‌تر منجر به افزایش تولید ماده خشک می‌شود. ماده خشک بر عملکرد دانه مؤثر است زیرا

ماده خشک بیش‌تر نشانه سطح برگ بیش‌تر و شاخه‌دهی و ارتفاع بیش‌تر و درنتیجه تعداد محل‌های تشکیل گل‌آذین بیش‌تر است ضمن این‌که بخشی از موادی که در دانه ذخیره می‌شود از انتقال مواد ذخیره شده در سایر اندام‌های گیاه تأمین می‌گردد (Bakry *et al*., 2011; Hassanzadeh *et al*., 2013). از این‌رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک و همچنین روند رشد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت باقلا رقم برکت و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 93-1392 در مزرعه آموزشی- پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در شرایط دیم به‌اجرا در آمد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 13 متر، عرض جغرافیایی آن 36 درجه و 49 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن 54 درجه و 19 دقیقه شرقی می‌باشد. خاک مزرعه دارای 10 درصد شن، 52 درصد سیلت و 38 درصد رس (بافت لوم‌رسی سیلتی)، هدایت الکتریکی 0/6 دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته 6/8 می‌باشد. میزان بارش سالانه منطقه در سال آزمایش 398 میلی‌متر بود که 312 میلی‌متر آن در طول فصل رشد باقلا (آبان تا خرداد) اتفاق افتاد. میزان بارش در سال آزمایش نسبت به میانگین بیست ساله، 26 میلی‌متر کم‌تربود.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. هر تکرار شامل 12 کرت به طول شش و عرض سه متر با شش ردیف به فاصله 50 سانتی‌متر بود. فواصل بوته‌ها در ردیف 10 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت (18 آبان، 28 آذر، 22 بهمن و 20 اسفند) به‌عنوان عامل اصلی و اندازه بذر (ریز: دانه‌های با وزن کم‌تر از 1/12 گرم، متوسط: بین 1/12 تا 1/77 گرم، درشت: بیش‌تر از 1/77 گرم) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. عمق کاشت برای همه اندازه‌های بذر یکسان و 5 سانتی‌متر بود.

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ سبز و وزن خشک، نمونه‌برداری در مراحل سه‌برگی، شش‌برگی، 10برگی، گل‌دهی، ظهور غلاف، پر شدن غلاف و در دوره پر شدن دانه انجام شد. در صورتی‌که فاصله مراحل نمو زیاد بود تعداد دفعات نمونه‌گیری افزایش یافت به‌طوری‌که فاصله بین نمونه‌برداری‌ها از یک هفته بیش‌تر نشد. در آزمایشگاه، برگ‌های سبز (برگ‌هایی که 50 درصد یا بیش‌تر از مساحت آن‌ها سبز بود) از بوته‌ها جدا و مساحت آن‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ با استفاده از معادله (1) محاسبه شد:

$$LAI=PLA\times DEN/10000 \quad (1)$$

معادله

LAI شاخص سطح برگ، PLA متوسط سطح برگ هر بوته (سانتی‌مترمربع در بوته) و DEN تراکم واقعی بوته در متر مربع می‌باشد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس توزین شدند.

برای توصیف سطح برگ، مدل لجستیک (معادله 2) مورد استفاده قرار گرفت (Rahemikarizaki, 2005; Arabameri, 2008):

$$Y=((a*\exp((-a)*(x-b))*c))/((1+\exp((-a)*(x-b)))^2) \quad (2)$$

a یک ضریب ثابت می‌باشد و میزان چرخش منحنی را نشان می‌دهد، b زمان پس از کاشت است که در آن LAI_{max} حادث می‌شود و c یک ضریب ثابت می‌باشد. پس از برازش این مدل متغیرهای مرتبط با پویایی شاخص سطح برگ مثل LAI_{max} با حل عددی به‌دست آمد (Ghadiryan *et al*., 2011).

برای توصیف روند ماده خشک تجمعی و پرشدن دانه از مدل لجستیک (معادله 3) استفاده شد (Yin *et al*., 2003).

$$Y=W_{max}/(1+\exp(-k*(x-t_m))) \quad (3)$$

معادله

که در آن W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، k ضریب نشان‌دهنده تندی افزایش ماده خشک و t_m زمانی است که سرعت رشد محصول (CGR) به حداکثر خود می‌رسد (در این زمان مقدار ماده خشک به نصف مقدار حداکثر خود رسیده است). در زمانt_m، RGR برابر است با k/2 معادله لجستیک در زمان t_m به‌صورت متقارن می‌باشد و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS (Soltani, 2013) و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل[1] انجام شد.

نتایج و بحث

روند توسعه سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ سبز (شکل 1) در تمامی تاریخ‌های کاشت و اندازه‌های بذر از یک مدل لجستیک تبعیت می‌کرد که براساس آن، سطح برگ در ابتدا به‌صورت نمایی و سپس به‌صورت خطی افزایش یافت ولی در اواخر فصل رشد، به‌دلیل انتقال مجدد مواد غذایی از برگ به دانه، پیری و ریزش برگ‌ها (Limoochi *et al*., 2013) روندی کاهشی پیدا کرد و درنهایت در مرحله رسیدگی برداشت به صفر رسید. بین اندازه‌های مختلف بذر بسته به تاریخ کاشت اختلاف معنی‌داری از نظر LAI_{max} وجود داشت. LAI_{max} برای بذر درشت، متوسط و ریز در تاریخ کاشت آبان به‌ترتیب 5/30، 3/87 و 3/17 بود که حدود 157 تا 160 روز پس از کاشت در مراحل شروع پر شدن دانه (R_5) تا تکمیل پر شدن دانه

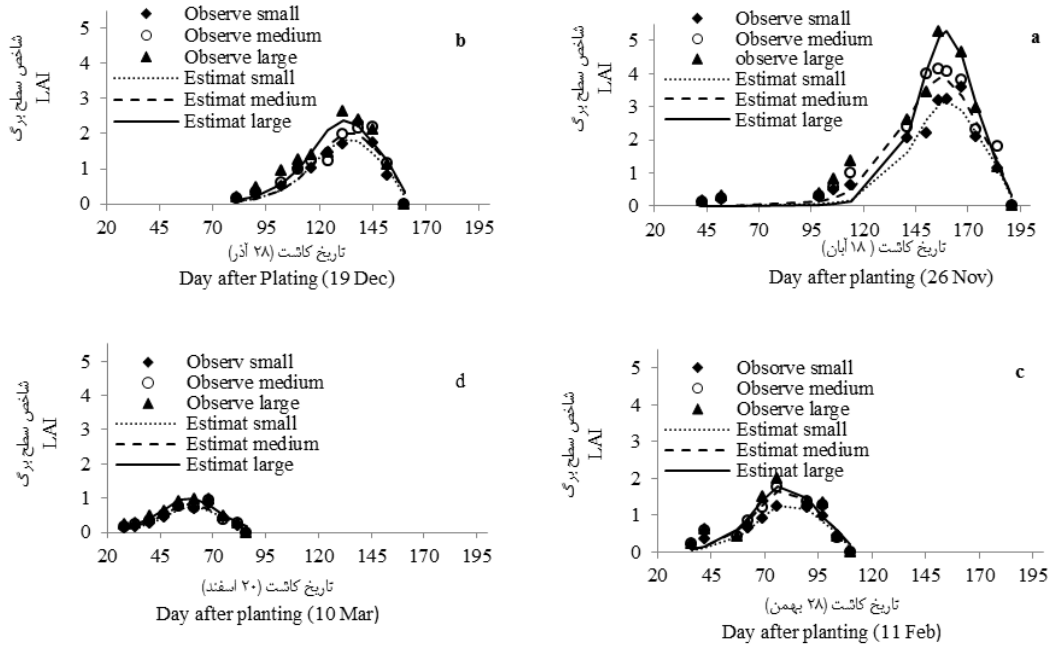
1- Excel

(R_6) مشاهده شد (جدول 1). در تاریخ کاشت آذر میانگین LAI_{max} برای بذرهای درشت، متوسط و ریز به‌ترتیب 2/5، 2/06، 1/87 بود که حدود 132 تا 135 روز پس از کاشت و همانند تاریخ کاشت قبلی در مراحل R_5 تا R_6 در اوایل اردیبهشت‌ماه مشاهده شد. در تاریخ کاشت بهمن LAI_{max} برای بذرهای درشت، متوسط و ریز به‌ترتیب 1/9، 1/8، 1/4 بود که حدود 81 روز پس از کاشت در مرحله غلاف‌دهی کامل (R_4) در اواخر فروردین‌ماه مشاهده شد و بالاخره LAI_{max} برای بذرهای درشت، متوسط و ریز در تاریخ کاشت اسفند به‌ترتیب 1/1، 0/85، 0/75 بود که حدود 60 روز پس از کاشت و در مرحله شروع غلاف‌دهی (R_3) در اواخر فروردین‌ماه مشاهده شد. نتایج حاکی از کاهش قابل توجه LAI_{max} با تأخیر در کاشت و همچنین با کاهش اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت بود. در تمام تاریخ‌های کاشت، به‌استثنای تاریخ کاشت اول، بذرهای درشت، کمی زودتر از بذرهای متوسط و ریز به LAI_{max} رسیدند. کاهش LAI_{max} با تأخیر در کاشت را می‌توان به کوتاه شدن طول دورهٔ رشد رویشی فعال گیاه و ورود زودتر آن به فاز زایشی و درنتیجه، کاهش طول دوره تشکیل و توسعه برگ نسبت داد. تعداد روز تا گل‌دهی و تا رسیدگی برداشت در تاریخ کاشت اول به‌ترتیب 113 و 190 روز بود که به موازات تأخیر در کاشت کاهش یافت و در تاریخ کاشت اسفند به‌ترتیب به 54 و 86 روز رسید (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). این نتایج نشان‌دهنده کاهشی در حدود 50 درصد در طول دوره رشد رویشی و کل فصل رشد گیاه با تأخیر در کاشت از 18 آبان به 20 اسفند ماه می‌باشد. در بررسی زینلی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2014) در هر دو تاریخ کاشت 24 آبان و 2 دی، LAI_{max} حدود اول اردیبهشت (159 روز پس از تاریخ کاشت اول و 130 روز پس از تاریخ کاشت دوم) مشاهده شد. در تحقیق ایشان، LAI_{max} در فاصله ردیف 45 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 3/78 و در تاریخ کاشت 2 دی 2/01 بود. در تحقیق حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh *et al.*, 2013)، LAI_{max} در تراکم 20 بوته در مترمربع در تاریخ کاشت 7 آذر 3/71 و در تاریخ کاشت 17 دی 2/19 بود. کیان بخت و همکاران (Kiyanbakht *et al.*, 2014) نیز کاهش قابل توجه LAI_{max} در سه رقم باقلا با تأخیر در کاشت را گزارش کردند. طبق نتایج تجزیه رگرسیون بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه رابطه دو تکه‌ای (R^2=0/96) وجود داشت. بدین ترتیب که با افزایش شاخص سطح برگ تا 3/87، به‌ازای هر واحد شاخص سطح برگ افزایش یافته 153/6 گرم در متر مربع بر عملکرد دانه افزوده شد و پس از آن با افزایش شاخص سطح برگ تغییری در عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل a-4).

جدول 1- ضرایب مدل لجستیک؛ a و c ضرایب ثابت مدل و b زمان (تعداد روز) تا حداکثر شاخص سطح برگ می‌باشد. LAI_{max} (حداکثر شاخص سطح برگ) با حل عددی به‌دست آمده است. R^2 نیز ضریب تبیین معادله را نشان می‌دهد.

Table 1- Logistic model coefficients; a and c are constant model coefficients and b is time (days) to maximum leaf area index (LAI_{max}) that calculated by numerical solution. R^2 is the determination coefficient.

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	LAI_{max}	b±se	a±se	c±se	R^2
18 آبان 26 Nov.	درشت Large	5.30	159.70±1.27	0.115±0.01	192.80±17.49	96
	متوسط Medium	3.87	157.01±1.52	0.08±0.008	193.40±16.19	97
	ریز Small	3.17	160.10±1.63	0.095±0.011	140.81±13.94	96
28 آذر 19 Dec.	درشت Large	2.5	132.41±2.15	0.093±0.013	106.80±12.57	94
	متوسط Medium	2.06	134.70±2.19	0.095±0.014	91.31±11.26	93
	ریز Small	1.87	133.40±1.86	0.096±0.013	82.70±9.08	94
22 بهمن 11 Feb.	درشت Large	1.91	80.10±1.56	0.11±0.01	74.00±7.38	95
	متوسط Medium	1.80	80.60±1.61	0.10±0.01	69.95±6.90	94
	ریز Small	1.40	81.91±1.40	0.10±0.01	54.97±4.72	96
20 اسفند 10 Mar.	درشت Large	1.10	58.85±1.61	0.10±0.01	37.27±2.72	97
	متوسط Medium	0.85	59.72±1.67	0.11±0.01	30.59±3.25	95
	ریز Small	0.75	60.61±1.32	0.11±0.01	27.60±2.61	96



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان در سال زراعی 93-1392

Figure 1- The trend of leaf area index changes in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

روند تجمع ماده خشک کل: روند تغییرات ماده خشک کل در تمامی تاریخ‌های کاشت سیگموئیدی بوده و در ابتدا به‌صورت یک شیب ملایم سپس به‌صورت خطی و در پایان نیز ثابت می‌شود (شکل 2). به‌منظور توصیف تغییرات ماده خشک از مدل لجستیک (Yin *et al.*, 2003) استفاده شده است و پارامترهای آن در جدول 2 آمده است. با تأخیر در کاشت زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک کاهش یافت (جدول 2). زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک در تاریخ کاشت 18 آبان به‌طور میانگین (میانگین سه اندازه بذر) 159/5، در تاریخ کاشت 28 آذر 143، تاریخ کاشت 22 بهمن 92/7 و در تاریخ کاشت 20 اسفند 60/1 روز بود. در تاریخ کاشت آبان دوره رشد رویشی طولانی‌تر و حدود 190روز بود در حالی‌که تاریخ کاشت 20 اسفند 86 روز طول کشید. به همین علت در تاریخ کاشت 18 آبان بوته‌ها فرصت بیش‌تری برای رشد داشتند و برگ و ساقه و درنتیجه ماده خشک کل بیش تری تولید کردند. به‌طوری‌که حداکثر تجع ماده خشک در تاریخ کاشت آبان برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به‌ترتیب 1073/7، 1204/5 و 923/3 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت آذر برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به‌ترتیب 877/1، 704/4 و 711/2 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت بهمن برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به‌ترتیب 787/5، 702/6 و 629/2 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت اسفند برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به‌ترتیب 877/1، 704/4 و 711/2 کیلوگرم در هکتار بود. تأخیر در کاشت سبب می‌شود که محصول با تنش گرمایی آخر فصل رشد مواجه شود. با افزایش دما سرعت رشد محصول افزایش یافته درنتیجه زمان رسیدن به پوشش کامل و 50 درصد تجمع ماده خشک کاهش می یابد. در این حالت به علت افزایش سرعت رشد، کوتاه شدن دوره رشد و تولید کم‌تر مواد فتوسنتزی در گیاه، حداکثر تجمع ماده خشک در گیاه کاهش می‌یابد (Bakry *et al.*, 2011; Hassanzadeh). مشابه با نتایج این تحقیق، در بررسی هاشم‌آبادی و صداقت‌حور (Hashemabadi and Sedaghathoor, 2006) نیز بیش‌ترین ماده خشک باقلا در تاریخ کاشت اول تولید شد و با تأخیر در کاشت مقدار آن کاهش یافت. همچنین، در بررسی پوری و همکاران (Pouri *et al.*, 2013) عملکرد ماده خشک باقلا با تأخیر در زمان کاشت نسبت به زمان مطلوب کاهش یافت. در مطالعه یاد شده، عملکرد ماده خشک در فاصله ردیف 45 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 10/91 تن در هکتار و در تاریخ کاشت 2 دی 5/65 تن در هکتار، و در فاصله ردیف 60 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 6/57 تن در هکتار و در تاریخ کاشت 2 دی 4/58 تن در هکتار بود. تأخیر در کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک در گیاهان مختلف می‌شود. با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق می‌شود و کارایی فتوسنتز و ذخیره مواد

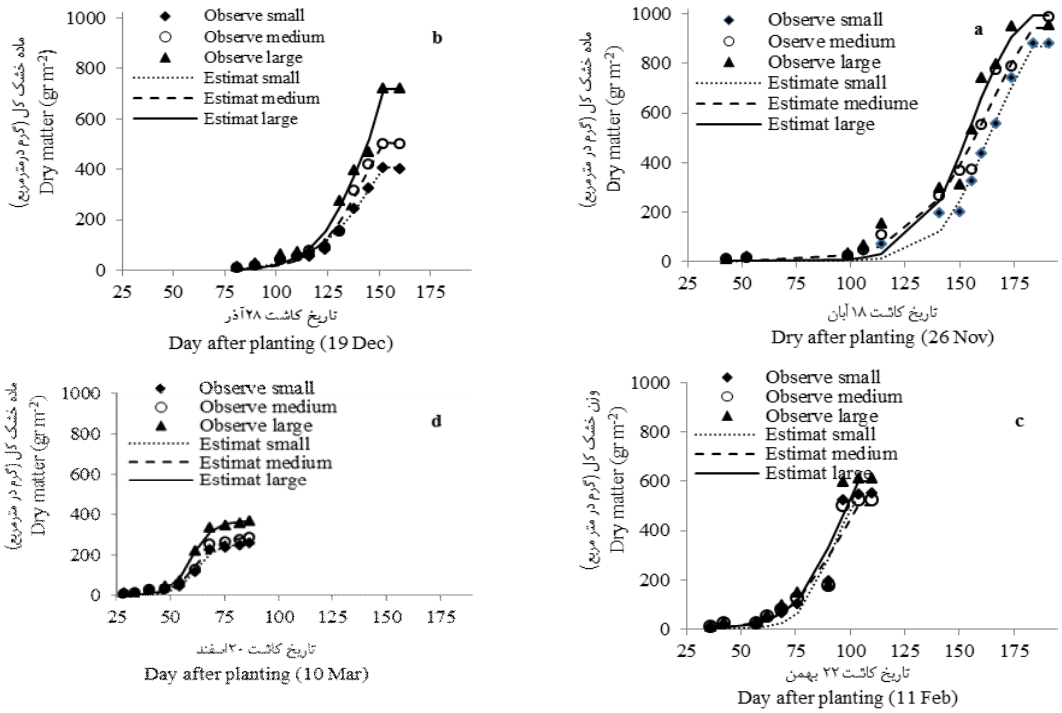
فتوسنتزی در دانه افزایش می‌یابد (Bange *et al*., 1998). در مطالعه پوررضا و همکاران (Pourreza *et al*., 2007). نیز اثر تاریخ کاشت بر وزن ماده خشک گیاه نخود سفید در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی‌دار بود و تجمع ماده خشک با تأخیر در تاریخ کاشت کاهش یافت. همچنین، سطح برگ در بوته‌های رشدیافته از بذور درشت بیش‌تر بود و در نتیجهٔ افزایش تولید مواد فتوسنتزی توسط این برگ‌ها عملکرد ماده خشک افزایش یافت. در تحقیقات سایر پژوهش‌گران نیز بوته‌های رشدیافته از بذرهای درشت در مقایسه با بوته‌هایی که از بذور ریزتر حاصل شده بودند، ماده خشک بیش‌تری تولید کردند (Ariapour and Torknezhad, 2011; Alizadeh *et al*., 2011). در تحقیق ال‌ریفائی و همکاران (Al-Rifaee *et al*., 2004) ماده خشک کل در تیمارهای استفاده از بذرهای خیلی ریز 2326، ریز 2879، متوسط 3232 و درشت 3675 کیلوگرم در هکتار بود. نتایج مطالعات یاد شده نشان‌دهنده رابطه تنگاتنگ عملکرد ماده خشک با عملکرد دانه است، زیرا بخشی از موادی که در دانه ذخیره می‌شود از انتقال مواد ذخیره‌شده در سایر اندام‌های گیاه تأمین می‌گردد ضمن این‌که، در پایان فصل رشد، دانه‌ها بخش مهمی از کل ماده خشک را تشکیل می‌دهند. در این آزمایش بیش‌ترین ماده خشک در تاریخ کاشت آبان‌ماه تولید شد ضمن این‌که بیش‌ترین عملکرد دانه نیز از همین تاریخ کاشت به‌دست آمد. مشابه این نتایج توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Bakry *et al*., 2011; Hassanzadeh *et al*., 2013). طبق نتایج رگرسیون (شکل c-4) بین عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه یک رابطه خطی وجود داشت، به‌طوری‌که به‌ازای هر گرم افزایش در ماده خشک به میزان 0/53 گرم بر مقدار ماده خشک دانه افزوده شد.

روند پر شدن دانه: پرشدن دانه از مرحله باروری تا رسیدگی دانه روند سیگموئیدی داشت (شکل 3) و شامل سه مرحله بود: در مرحله اول (فاز رشد نمایی) وزن خشک دانه به‌آرامی و در طی یک مرحله تأخیری افزایش یافت و سپس مرحله دوم (فاز خطی) پرشدن دانه آغاز شد که افزایش نزدیک به 90 درصد از وزن خشک دانه در طی این مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله آخر که فاز رسیدگی نامیده می‌شود ماده خشک دانه به حداکثر می‌رسد و افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا نمی‌کند. روند سیگموئیدی رشد دانه در تحقیقات محققان دیگر نیز گزارش شده است (Beebe *et al*., 2001; Kafi *et al*., 2001). بررسی روند رشد و پر شدن دانه و اثر آن بر وزن دانه از تحقیقات پایه‌ای در برنامه‌های مطالعات فیزیولوژی به‌شمار می‌رود (Darroch and Baker, 1990). نمو بذری که به‌عنوان عملکرد اقتصادی یک محصول دانه‌ای در نظر گرفته می‌شود دارای دو مرحله سرعت و مدت پر شدن دانه می‌باشد.

جدول 2- حداکثر ماده خشک تجمعی (W_{max}±SE)، شیب تندی منحنی (K±SE)، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک (T_m±SE)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2)

Table 2- Maximum accumulative dry matter (W_{max}±SE), curve slope (K±SE), time to 50% of maximum dry matter (T_m±SE), root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2)

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	W_{max}±SE	K± SE	Tm±SE	RMSE	R^2
18 آبان 26 Nov.	درشت Large	1073.30±85.28	0.02±0.08	154.70±2.68	72.77	98
	متوسط Medium	1204.50±136.70	0.01±0.06	162.60±4.41	54.64	99
	ریز Small	923.30±70.74	0.01±0.09	161.40±2.45	47.18	99
28 آذر 19 Dec.	درشت Large	877.1±109.1	0.09±0.01	140. 91±3.56	40.96	99
	متوسط Medium	64.70±704.4	0.09±0.01	141.70±2.59	22.90	99
	ریز Small	72.73±711.2	0.07±0.00	147.80±3.14	12.37	99
22 بهمن 11 Feb.	درشت Large	787.5±216.5	0.10±0.04	93.19±7.16	78.14	96
	متوسط Medium	702.60±183.5	0.09±0.30	93.83±6.98	59.01	97
	ریز Small	629.9±88.81	0.14±0.05	91.35±3.09	56.16	97
20 اسفند 10 Mar.	درشت Large	366.10 ±11.05	0.21±0.03	58.98±0.77	16.88	99
	متوسط Medium	287.11±11.72	0.19±0.03	60.63±1.03	15.80	99
	ریز Small	255.90±8.94	0.22±0.03	61.01±0.83	13.04	99



شکل 2- روند تجمع ماده خشک کل در تاریخ‌های کاشت (a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند) و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان سال 93-1392

Figure 2- The trend of total dry matter accumulation in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

سرعت پرشدن دانه بیانگر تجمع ماده خشک در زمان و طی مرحله خطی نمو دانه است که به مقدار زیادی در کنترل ژنتیک بوده ولی مدت پر شدن دانه تحت تأثیر محیط است (Quarrie and Jones, 1979). در آزمایش حاضر زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه با تأخیر در کاشت کاهش یافت (جدول 3). میانگین زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه برای تاریخ‌های کاشت آبان 63/1، آذر 41/38، بهمن 27/93 و اسفند 21/26 روز بوده است (جدول 3). همچنین سرعت پر شدن دانه (K) برای تاریخ‌های کاشت آبان، آذر، بهمن و اسفند به‌ترتیب 0/26، 0/26، 0/2 و 0/28 برآورد شد. با این که سرعت پر شدن دانه در تاریخ کاشت آبان و آذر یکسان (هر دو 0/26) بود اما به دلیل این که دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت آذر حدود 22 روز کم‌تر از تاریخ کاشت آبان بود تاریخ کاشت آذر عملکرد دانه کم‌تری نسبت به تاریخ کاشت آبان تولید کرد. در تاریخ کاشت بهمن کم‌ترین سرعت پر شدن دانه به‌دست آمد اما به‌دلیل این که دوره پر شدن دانه نسبت به تاریخ کاشت اسفند حدود 7 روز بیش‌تر بود این تاریخ کاشت عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به اسفند تولید کرد. علی‌رغم افزایش سرعت پر شدن دانه در تاریخ کاشت اسفند نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت باز هم کم‌ترین عملکرد دانه در این تاریخ کاشت حاصل شد زیرا این افزایش در سرعت پر شدن دانه نتوانست کاهش دوره پر شدن دانه را جبران کند. به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد دانه برآورد شده و واقعی در تاریخ کاشت اسفند (به‌ترتیب 50/71 گرم در متر مربع، 45/5 گرم در مترمربع) و بیش‌ترین عملکرد دانه برآورد شده و واقعی نیز در تاریخ کاشت آبان (به‌ترتیب 481/66 گرم در متر مربع، 476/11 گرم در متر مربع) حاصل شد. در بررسی محققان دیگر نیز دوره پر شدن دانه باقلا با تأخیر در کاشت از 13 آبان تا 13 دی به مدت 8/5 روز کاهش یافت. در تحقیق ایشان دوره پر شدن دانه برای تاریخ‌های کاشت 13 آبان، 13 آذر و 13 دی به‌ترتیب 45/06، 33/81 و 22/93 روز و سرعت پر شدن دانه نیز 0/12، 0/24 و 0/22 بود که در نهایت منجر به کاهش وزن دانه شد (RahemiKarizaki and Foroughi, 2016).

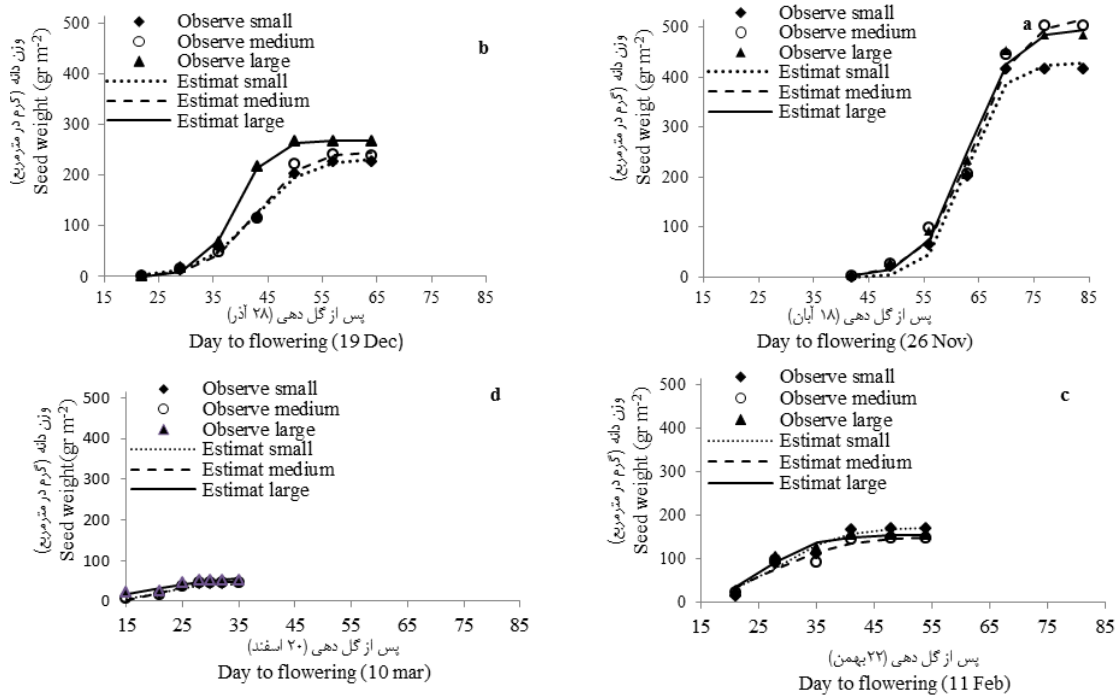
مراحل دانه‌بندی (از مرحله شروع تشکیل غلاف تا مرحله رسیدگی کامل) تاریخ کاشت آبان از 9 فروردین تا 28 اردیبهشت و دانه‌بندی تاریخ کاشت آذر از 31 فروردین تا 5 خرداد اتفاق افتاد که شرایط آب و هوایی برای دانه‌بندی مطلوب بود اما مراحل دانه‌بندی (R8-R3) تاریخ کاشت‌های دیرهنگام بهمن (7 اردیبهشت تا 10 خرداد) و اسفند (21 اردیبهشت تا 11 خرداد) در ماه‌های اردیبهشت و

خرداد اتفاق افتاد. دما در بیش‌تر روزهای اردیبهشت و خرداد بین 30 تا 35 درجه سانتی‌گراد و 10 روز بالاتر از 35 درجه سانتی‌گراد بود که با توجه به حساسیت باقلا به دماهای بالا باعث اختلال در گل‌دهی شد (Oplinger *et al*., 2000; Majnon Hoseyni, 2008). تأخیر در کاشت موجب کوتاه شدن دوره نمو مؤثر بذر در اثر برخورد این دوره با دماهای بالای اواسط بهار در سال آزمایش شد. این امر منجر به نقصان اجزای عملکرد به‌ویژه وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح و درنهایت کاهش عملکرد دانه گردید. در تاریخ کاشت اسفند که دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر بود وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح کم‌تری نیز حاصل شد و با افزایش دوره پر شدن دانه بر میزان وزن دانه (0/017 گرم) و تعداد دانه در واحد سطح (6/2 عدد در متر مربع) افزوده شد (شکل d-4 و e-4). به‌طور میانگین کم‌ترین (0/59 گرم) و بیش‌ترین (1/32 گرم) وزن دانه به‌ترتیب در تاریخ کاشت اسفند و آبان مشاهده شد. همچنین تعداد دانه تاریخ کاشت اسفند 77/66 و آبان 367/33 عدد در متر مربع بود. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون (شکل c-4) یک رابطه خطه بین مدت پر شدن دانه و عملکرد دانه را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که با افزایش مدت پر شدن دانه به میزان 9/81 گرم در متر مربع در روز بر عملکرد نهایی دانه اضافه شد. دوره پر شدن دانه از گل‌دهی تا رسیدگی برداشت (R8-R1) در تاریخ کاشت‌های آبان 80 روز (از 10 اسفند تا 28 اردیبهشت)، آذر 61 روز (7 فروردین تا 5 خرداد)، بهمن 43 روز (30 فروردین تا 10 خرداد) و اسفند33 روز (10 اردیبهشت تا 11 خرداد) بود. وایت فیلد (Whitfild, 1992) اظهار نمود که در کلزا با بالا رفتن دما در مراحل دانه‌بندی، میزان تنفس غلاف‌ها به‌سرعت افزایش می‌یابد که سبب اتلاف بیش از حد مواد فتوسنتزی می‌شود بنابراین، مواد غذایی کافی به دانه‌ها نرسیده و درصد دانه‌های سبک و پوک زیاد می‌گردد.

جدول 3- حداکثر ماده خشک تجمعی دانه (W_{max}±SE)، شیب منحنی (K±SE)، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه (T_m±SE) جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2)

Table 3- Maximum cumulative seed dry weight (W_{max}±SE), curve slope (K±SE), time to 50% of maximum dry matter (T_m±SE), root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2)

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	W_{max}±SE	K±SE	Tm±SE	RMSE	R^2
18 آبان 26 Nov.	درشت Large	497.01±17.02	0.25±0.03	62.81±0.67	20.76	99
	متوسط Medium	520.01±22.15	0.23± 0.03	63.8±0.83	22.79	99
	ریز Small	428.14±16.16	0.31±0.06	62.8±0.67	21.89	99
28 آذر 19 Dec.	درشت Large	269.6±3.33	0.34±0.02	39.01±0.67	5.30	99
	متوسط Medium	248.30±9.15	0.23±0.03	42.80±0.73	10.68	99
	ریز Small	234.20±7.57	0.21±0.02	42.34±0.67	8.35	99
22 بهمن 11 Feb.	درشت Large	154.50±8.18	0.24±0.06	26.32±1.26	12.67	99
	متوسط Medium	149.91±17.68	0.17±0.08	27.84±2.85	20.24	98
	ریز Small	174.40±14.42	0.19±0.08	29.74±1.88	17.40	99
20 اسفند 10 Mar.	درشت Large	60.63±10.51	0.16±0.07	20.05±2.75	5.24	99
	متوسط Medium	47.76±2.73	0.38±0.10	22.05±0.74	3.59	99
	ریز Small	43.44±2.98	0.32±0.09	21.68±0.94	3.50	99

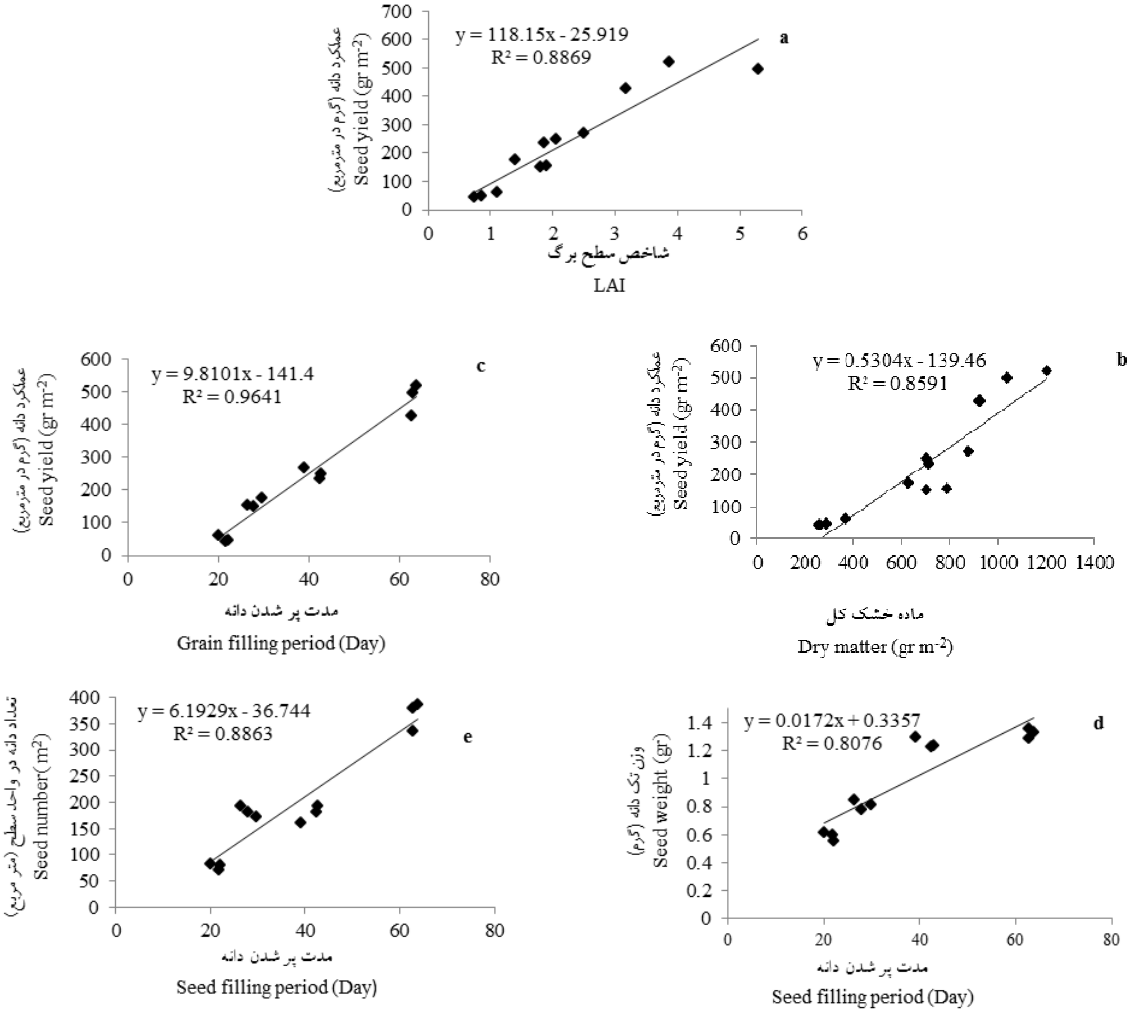


شکل 3- روند تغییرات وزن دانه در تاریخ‌های کاشت (a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند) و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان در سال زراعی 93-1392

Figure 3- The trend of seed growth changes in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده کاهش حداکثر شاخص سطح برگ، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین مقدار و زمان رسیدن به حداکثر ماده خشک با تأخیر در کاشت بود. برای مثال، در هنگام استفاده از بذرهای درشت برای کاشت، در تاریخ کاشت آبان 154/7 روز طول کشید تا 50 درصد از حداکثر ماده خشک تولید شود در حالی‌که در تاریخ کاشت اسفند زمان لازم برای رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک 58/98 روز برآورد گردید. همچنین، زمان لازم برای رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه برای بذور درشت کشت شده در تاریخ کاشت 18 آبان 62/81 روز و برای بذور درشت کشت شده در تاریخ کاشت 20 اسفند 20/05 روز بود. با تأخیر در کاشت مراحل نمو فنولوژیک سریع‌تر طی شد و گیاه زودتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسید. درنتیجه، تجمع ماده خشک در کل بوته و در دانه کاهش قابل‌توجهی پیدا کرد به‌طوری‌که حداکثر ماده خشک دانه از 497 گرم در تاریخ کاشت آبان به 60/63 گرم در تاریخ کاشت اسفند رسید. نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و ماده خشک کل شده و به کاهش عملکرد دانه (اقتصادی) منتهی می‌شود. نتایج رگرسیون نیز نشان داد که به‌طور کلی، افزیش در شاخص سطح برگ تا یک حد معین (در این آزمایش 3/87)، ماده خشک کل و مدت پر شدن دانه به افزایش عملکرد دانه منتهی می‌شود. در تاریخ کاشت آبان که دوره پر شدن دانه (80 روز) طولانی‌تر از تاریخ‌های کاشت آذر، بهمن و اسفند (به‌ترتیب 61، 43 و 33 روز) بود دانه‌های درشت‌تر و بیش‌تری در واحد سطح تولید شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که عملکرد دانه در واحد سطح به‌ازای هر واحد افزایش در شاخص سطح برگ (تا 3/87)، ماده خشک کل و دوره پر شدن دانه به‌ترتیب به میزان 153/6 گرم، 0/53 و 9/81 گرم در متر مربع افزایش یافته است. ضمن این‌که با توجه به همبستگی مثبت بین اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت و حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک تجمعی و حداکثر ماده خشک تجمع‌یافته در دانه، به نظر می‌رسد استفاده از بذرهای درشت‌تر برای کاشت به عملکردهای بیش‌تری منتهی می‌شود. با این حال، با توجه به تأثیر شرایط محیطی بر نتایج، تکرار آزمایش به مدت سه سال پیش از توصیه نتیجه یاد شده به تولیدکنندگان ضروری است.



شکل 4- رابطه شاخص سطح برگ با عملکرد دانه (a)، ماده خشک کل با عملکرد دانه (b) مدت پرشدن دانه با عملکرد دانه (c) مدت پر شدن دانه با وزن تک دانه (d) و مدت پر شدن دانه با تعداد دانه در واحد سطح (e)

Figure 4- Relationships between LAI and seed yield (a), total dry matter and seed yield (b), seed filling period and seed yield (c), seed filling period and seed weight (d), seed filling period and seed number (e)

References

1. Ariapour, A., and Torknezhad, A. 2011. Effect of planting depth and seed size on germination and yield of six species of annual alfalfa. Journal of Iranian Natural Ecosystems 1 (3): 21-27. (in Persian with English abstract).
2. Al-Rifaee, M., Turk, M. A., and Tawara, A. R. M. 2004. Effect of seed size and plant population density on yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. Major). International Journal of Agriculture and Biology 6: 294-299.
3. Akram Ghaderi, F., Soltani, A., and Rezaei, J. 2003. Effect of climate factors on survival of cotton flower and boll in Gorgan. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 10: 75-83. (in Persian with English abstract).
4. Arabameri, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retranslocation in wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc.Thesis, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 89 p. (in Persian with English abstract).
5. Alizadeh, A., Moradi, R., Nezami, A., and Eshghizadeh, H. R. 2011. The effect of salinity and seed size on germination and seedling growth characteristics of lentil. Iranian Journal of Field Crops Research 9 (2): 202-210. (in Persian with English abstract).

6. Bange, M. P., Hammer, G. L., and Rickert, K. G. 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. Agronomy Journal 90: 324-328.
7. Bakry, B. A., Eleva, T. A., EL-Karamany, M. F., Zeidan, M. S., and Tawfik, M. M. 2011. Effect of row spacing on yield and its components of some faba bean varieties under newly reclaimed sandy soil condition. World Journal of Agricultural Science 7 (1): 68-72.
8. Beebe, S., Rengifo, J., Gaitan, E., Duque, M. C., and Tohme, J. 2001. Diversity and origin of Andrean landraces of common bean. Crop Science 41: 854-862.
9. Carretero, R., Serrago, R. A., Bancal M. O., Perello, A. E., and Miralles, D. J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research 116: 184-195.
10. Darroch, B. A., and Baker, R. J. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: Statistical analysis. Crop Science 30: 525-529.
11. Ghadiryan, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalateh Arabi, M., and Bakhshandeh, E. 2011. Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. Electronic Journal of Crop Production 4 (3): 55-73. (in Persian with English abstract).
12. Hashemabadi, D., and Sedaghathoor, Sh. 2006. Study of mutual effect of the sowing date and plant density on yield and yield components of winter faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Sciences 1: 135-141. (in Persian with English abstract).
13. Hasanzadeh, A. Kh., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghadam, A., and Biabani, A. 2013. The combined effect of heat stress in the end of growing season and competition between plants on phenology, yield and yield components in faba bean. Electronic Journal of Crop Production 6 (4): 151-163. (in Persian with English abstract).
14. Jian Jin, A., Xiaobing Liu, A., Guanghua Wang, A., Liang Mi, A., Zhongbao Shen, B., Xueli Chen, B., Stephen, J., and Herbert, C. 2010. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. Field Crops Research 115: 116-123.
15. Karamanos, A. J., and Gimenez, C. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. Options Mediterraneennes-Seminaires 10: 79-90.
16. Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. M. 2001. Biology of grain and grain crop yield (translation). Mashhad Ferdowsi University Publication. 550 p. (in Persian with English abstract).
17. Kiyanbakht, M., Zeinali, E., Siahmarguee, A., Sheikh, F., and Pouri, G. M. 2014. Effect of sowing date on grain yield and yield components and green pod yield of three faba bean cultivars in Gorgan climatic conditions. Electronic Journal of Crop Production 8 (1): 99-119. (in Persian with English abstract).
18. Limoochi, K., Siadat, A., and Gilani, A. A. 2013. Sowing date effect on yield and growth indices of rice cultivars in northern Khoozestan. Electronic Journal of Crop Production 6 (2): 167-184. (in Persian with English abstract).
19. Mazidi, I. 2014. Effect of plant density and seed size on growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Gorgan Branch. 70p. (in Persian with English abstract).
20. Majnon Hoseyni, N. 2008. Pulse Crops. 4th Edition. Jehad of Tehran University Publication. 283 p. (in Persian).
21. Moshatati, A., Hejazi, A., Kian-Mehr, M. H., Sadat Noori, S. A., and Gharineh, M. H. 2009. Effect of seed weight on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling pishtaz variety. Electronic Journal of Crop Production 2 (1): 137-144. (in Persian with English abstract).
22. Muhammad, F. H., Bramley, J. A., and Siddique, K. H. M. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling Phases. Plant Science 30: 1-17.
23. Moussavi Nik, M., Babaeian, M., and Tavassoli, A. 2011. Effect of seed size and genotype on the germination characteristics and seed nutrient content of wheat. Scientific Research and Assays 6: 2019-2025.
24. Oplinger, E. S., Putnam, D. H., Doll, J. D., and Combs, S. M. 2000. Faba bean. Alternative Field Crops Manual. http://www.hort.Purdue.edu/newcrop/afcm/ fababean.html.
25. Pourreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S. A., and Zeinali, A. 2007. Evaluation of dry matter distribution among different organs in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14 (5): 178-190.
26. Pouri, K., Zeinali, E., and Golchin, E. 2013. Evaluation of the effect of inter- and intra- row spacing on the accumulation and distribution of dry matter in faba bean. Iranian Journal of Field Crops Research 3 (11): 524-531. (in Persian with English abstract).
27. Quarrie S. A., and Jones, H. G. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abssisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. Annuals of Botany 44: 323-332.
28. Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 89 p.
29. Rahemi Karizaki, A. 2011. Investigation of the changes of physiological and morphological traits associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Ph.D Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 104 p. (in Persian with English abstract).

30. RahemiKarizaki1, A., and Foroughi, A. 2016. Seed filling trend of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by planting date and density. Journal of Crop Ecophysiology 1 (37): 89-102.
31. Soltani, A. 2013. Application of SAS in statistical analysis. JDM press, Mashhad, Iran. 166 p.
32. Salem, S. G., and Osman, A. T. 2001. Temperature and solar radiation effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and grain yield. Saudi Journal of Biological Science 8 (2): 171-183.
33. Viswanathan, C., and Khanna-Chopra, R. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. Journal of Agronomy Crop Science 186: 1-7.
34. Whitfild, D. M. 1992. Effect of temperature and ageing on CO_2 exchange of pod of oliseed rape (*Brassica napus*). Field Crops Research 28: 271-280.
35. Yin, X., Gouadrian, J., Latinga, E. A., Vos, J., and Spiertz, J. H. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. Annuals of Botany 91: 361-371.
36. Zeinali, E., Soltani, A., Toorani, M., and Khadempir, M. 2014. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in faba bean. Juornal of Plant Production 20 (4): 1-21. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 901-913

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 913-901

Leaf Area Expansion, Dry matter Accumulation and Grain Filling Trend as Affected by Planting Date and Seed size in Faba Bean (*Vicia faba* L.)

S. Jafarnode[1]- E. Zeinali[2*]- A. Soltani[3]- F. Sheikh[4]

Received: 03-08-2016
Accepted: 25-12-2016

Introduction: Green leaf area index and dry matter accumulation are closely associated with grain yield components (i.e., number of grains per unit area and grain size) and grain yield per unit area. This study was carried out to evaluate the effect of seed size used for planting and sowing date on leaf area expansion, dry matter accumulation and grain filling trend in faba bean, C.V. Barakat.

Materials and Methods: The experiment was conducted at the research field of Gorgan University of Agricultural Sciences, Gorgan, Iran, during 2013-2014 growing season. The experimental design was a split plot in a randomized complete block design with four replications. Planting dates (26 Nov., 19 Dec., 2013 and 11 Feb. and 10 Mar., 2014) and seed size (small, medium, large) were arranged in main- and sub-plots, respectively.

Results and Discussion: Based on the results of the analysis of variance, there was a significant interaction between seed size and planting date for maximum leaf area index (LAI_{max}), dry matter yield (BY) and grain yield (GY). LAI_{max}, BY and GY were variable between 0.75 and 5.3, 2.56 and 12.05 ton ha^{-1} and 0.43 and 5.20 ton ha^{-1}, respectively. The lowest value for each of the above mentioned characteristics was obtained from combination of last planting date and small seed. The highest LAI_{max} was observed in the first sowing date and large seed combination treatment, and the highest BY and GY was observed in the first planting date and medium seeds combination treatment. However, when large or medium seeds were used in this planting date, there was no significant statistical difference between the BY and BY.The time required to achieve LAI_{max} and 50% of maximum dry matter (W_{max}) and also grain filling period (SFP) significantly reduced in result of delaying in planting. LAI_{max} was observed between 59.7 (for Mar. planting date) and 158.9 (for Nov. planting date) and W_{max} was happened between 60.2 (for Mar. planting date) and 159.6 (for Nov. planting date) days after planting. Moreover, SFP declined by planting delay so that from 80 days (in 26 Nov. planting date) decreased to 33 days (in 10 March planting date). There was no reliable difference between three sizes of seeds on the three parameters mentioned above. According to the results of regression analysis, there was a linear relationship with high coefficient of determination between LAI as well as dry matter and grain yield, and between the duration of grain filling with grain weight, grain number per unit area and grain yield. So that the increase of values of the mentioned traits led to increase in grain weight, grain number and finally grain yield per unit area.

Conclusions: The results indicated a reduced LAI_{max}, the maximum dry matter and days to LAI_{max} with any delay in seeding. Furthermore, the phenological development stages passed rapidly and seed filling duration was shortened in delayed planting dates. As a result, the number of seeds per plant and per unit area decreased, the grain size became smaller, and finally grain yield was reduced. According to the regression results, an each unit increase in leaf area index, total dry matter (gr m^{-2}) and grain filling duration (day) resulted in increasing grain yield as amount as 153.6, 0.53, 9.81 g m^{-2}, respectively. Therefore, in consisting with findings of previous our studies, planting up to mid- autumn is necessary to achieve maximum LAI, total accumulative dry matter and grain yield of faba bean under Gorgan environmental conditions. In addition, due to positive correlation between seed size and three above mentioned parameters, the application of more large seeds for planting leads to a better result.

Keywords: Dry matter, Grain filling period, Grain filling rate, Grain yield, Maximum leaf area index

1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran
2- Associate Professor and Faculty member, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran
3- Professor and Faculty member, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran
4- Assistant Professor of Horticulture and Agronomy Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: e.zeinali@yahoo.com)