نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۴۱-۱۳۱

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, P. 131-141

مقاله پژوهشی

مطالعه تأثیر همجواری و تغییرات کیفیت نور بر بروز برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*)

علی باقری[۱]- قربانعلی اسدی[۲*]- علی قنبری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

چکیده

برگ گیاه، با قابلیت فیلترسازی طیف‌های مختلف نور سبب تغییر در کیفیت نور می‌گردد. تغییر در کیفیت نور سبب بروز پدیده‌ای با عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه می‌شود. به منظور ارزیابی اثر همجواری بر مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز، آزمایشی به صورت گلدانی در تابستان ۹۶ و بهار ۹۷ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجراء شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار و شامل چهار تیمار عدم همجواری (رشد گیاه بدون حضور گونه‌ی همجوار) و رشد گیاه مرکزی به ترتیب همجوار با ۱، ۲ و ۳ بوته لوبیا قرمز انجام گرفت. در پایان آزمایش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R:FR) ارتفاع، زیست‌توده‌ی اندام‌های گیاه، شاخص سطح برگ، طول دمبرگ، تقارن گیاه، حجم تاج گیاه و تانژانت زاویه‌ی پایین‌ترین برگ گیاه به عنوان برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد کمترین میزان کیفیت نور رسیده به تاج‌پوشش لوبیا قرمز به میزان ۰/۵۰ از تیمار سه بوته‌ی همجوار به دست آمد. بیشترین میزان ارتفاع (۲۸ سانتی‌متر) و کمترین میزان طول دمبرگ (۴/۵۵ سانتی‌متر) از تیمار عدم هم‌جواری حاصل شد. همچنین بعد از تفکیک گیاه به قسمت‌های چپ و راست بیشترین نرخ برهم‌خوردگی تقارن از تیمار یک بوته‌ی همجوار (۰/۲۳ درصد) بدست آمد. تانژانت زاویه‌ی پایین‌ترین برگ گیاه (۱/۳۵) از تیمار ۳ بوته‌ی همجوار حاصل شد که نشان از تلاش بیشتر برگ‌ها جهت کشیدگی خود به سمت بالا می‌باشند. در این آزمایش، تاثیر کیفیت نور بر روی دو مولفه (تقارن و تانژانت زاویه‌ی برگ اول) برای اولین بار به عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه معرفی گردید. همچنین افزایش تعداد گیاهان همجوار به دلیل کاهش کیفیت نور سبب بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه از جمله کاهش رشد عرضی، کاهش شاخص سطح برگ و زیست‌توده‌ی برگ گردید. بنابراین در گیاهانی مانند لوبیاقرمز که تولید غلاف و حصول عملکرد با رشد عرضی و تولید شاخه‌های فرعی همبستگی دارد، بررسی نقش کیفیت نور و مکانیسم‌های اجتناب از سایه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تقارن، رقابت، زاویه برگ، سایه‌اندازی، کیفیت نور

مقدمه

گیاهان توان انتخاب گونه‌های همراه خود را ندارند، اما قادرند طیف وسیعی از رفتارهای رقابتی، همیاری و سازش را در جوار سایر گونه‌های گیاهی، از خود نشان دهند. در راستای تداوم حیات و در شرایط نامطلوب محیطی، گیاهان نیازمند راهکارهایی هستند که میان رشد، تولید مثل و زنده‌مانی خود تعادل ایجاد نمایند (۱۸). در بسیاری از بوم‌نظام‌ها رقابت برای دریافت نور، مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی رشد است (۲). در کانوپی‌های متراکم و در زمین‌های حاصلخیز که گیاه مشکل تغذیه‌ای ندارد، نور مهمترین عامل محدودیت رشد و تولید است (۱۵). شدت، مدت و کیفیت، ویژگی‌هایی از نور هستند که موثر بر رشد، نمو و همجواری گیاهان، از جمله رقابت بین گونه‌ی زراعی و علف‌های‌هرز بوده و از این‌رو، نور عامل موثری در روابط بین گیاهان می‌باشد (۲۲).

نور خورشید از طیف‌هایی با طول موج‌های مختلفی تشکیل شده است. در بین این طول‌موج‌ها ، طول موج ۶۷۰-۶۶۰ نانومتر با عنوان نور قرمز(R^2) و طول موج ۷۴۰-۷۳۰ نانومتر با عنوان نور

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز و دانشیاران گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JPP.2021.32827.0

2- Red

قرمزدور(FR[1]) شناخته می‌شوند (۸). نسبت این دو طول موج به عنوان شاخصی جهت ارزیابی کیفیت نور به حساب می‌آیند (۹). بازتاب نور قرمز دور از برگ گونه‌های گیاهی و در شرایط مختلف محیطی و به‌ویژه در شرایط تنش متغیر است و در برخورد با گیاهان مجاور نوعی سیگنال محیطی[2]، برای درک محیط و شناخت اطرافیان به‌شمار می‌رود. با درک کیفیت نور رسیده به گیاه، واکنش‌هایی تحت عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه [3]در گیاه رخ می‌دهد (۱۶). مکانیسم‌های اجتناب از سایه و بروز آن در گیاهان و تاثیرات مثبت و منفی آن بر روابط بین گیاهان، تا حد زیادی بستگی به گونه‌ی گیاهی و شرایط محیطی دارد (۱۲). به عنوان مثال در گیاه ذرت سبب افزایش میان گره‌ها و در گیاه سویا سبب کاهش شاخه‌های جانبی می‌گردد (۷). همچنین بروز این مکانیسم‌ها تحت تاثیر عرض جغرافیایی، طول روز و فصول مختلف سال تغییر می‌کند.

این مکانیسم‌ها امکان تداوم نسل سریع‌تر را از طریق تسریع گل‌دهی در بذور فراهم می‌کند (۲۰). به‌علاوه باید در نظر داشت که در بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه، رقابت مستقیم بر سر منابع وجود ندارد، بلکه رفتار گیاه به سمتی پیش می‌رود که گیاهان از رقابت[4] احتمالی که ممکن است در آینده بر روی آن‌ها اثرگذار باشد، اجتناب کنند (۹). تغییر در نسبت R به FR، سبب ایجاد تغییراتی در گیاه می‌شود که ممکن است گیاه را تحت تاثیر قرار داده و تحمل آن را نسبت به تنش‌های که احتمال بروز آن در آینده می‌رود، کاهش دهد (۱). گیاهانی که در معرض کاهش کمی و کیفی نور قرار می‌گیرند، زیست‌توده‌ی ریشه کمتری داشته و در صورتی که گیاه در ادامه فصل با تنش خشکی مواجه شود، به دلیل اینکه ریشه‌ها به اندازه‌ی کافی در خاک گسترش (عمقی و شعاعی) نیافته‌اند، تنش احتمالی می‌تواند گیاه را دچار مشکل سازد (۱۷ و ۱۸). رقابت گیاهان دارای سه مرحله است. مرحله‌ی اول، قبل از شروع سایه‌اندازی و رقابت مستقیم گیاهان بر سر نور که با تغییر کیفیت نور، فیتوکروم‌های گیاهی[5]، تحریک می‌شوند. در این مرحله علی‌رغم پوشش تنک کانوپی، گیاهان همسایه نور قرمز دور را جذب کرده و لذا می‌توان این نقطه را به عنوان آغاز فرایند رقابت در نظر گرفت. مرحله دوم با شروع سایه‌اندازی و تشدید سیگنال‌های مستقیم گیاهان بر روی هم ادامه می‌یابد و در مرحله‌ی سوم اوج رقابت بر سر نور فعال فتوسنتزی[6] PAR بوده و سایه‌اندازی دوطرفه بین گیاهان همجوار و همچنین بین ساقه‌ها و برگ‌ها روی یک بوته رخ می‌دهد (۵). شدت واکنش گیاهان مختلف به تغییرات کیفیت نور متفاوت می‌باشد. حساسیت گیاهان نسبت به تغییرات کیفیت نور، موضوعی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در صورتی که گیاه به این تغییرات حساسیت بالایی داشته باشد، حساسیت ایجاد شده می‌تواند به عنوان یکی از ارکان خلاء عملکرد مورد توجه قرار گیرد. با عنایت به مطالب فوق در این پژوهش تاثیر همجواری بر حساسیت و بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

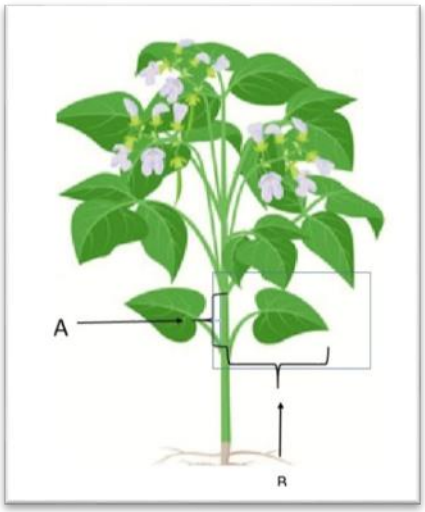
مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر همجواری بر بروز برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) آزمایشی در تابستان ۹۶ و بهار ۹۷ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در محیط گلخانه، ۶ لامپ ۴۰۰ وات سدیم با فشار بالا (HPS[7]) تعبیه گشته بود. این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار و چهار تیمار انجام گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل ریشه‌ای مابین گیاهان، برای هر گیاه یک گلدان مجزا در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱. عدم همجواری (رشد گیاه بدون حضور گونه‌ی همجوار) ۲. همجوار با یک بوته (حضور یک بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی)، همجوار با دو بوته (حضور دو بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی) و همجوار با سه بوته (حضور سه بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی) بودند. بذر لوبیا قرمز (رقم درخشان، تیپ رشدی ایستاده) از مرکز تحقیقات خمین تهیه گردید و قبل از کشت، از لحاظ اندازه طبقه‌بندی گردید. گلدان‌های هفت کیلویی با قطر ۲۳ و ارتفاع ۲۱/۵ سانتی‌متر تهیه شد و خاک آنها به‌صورت مخلوط یکسان از شن، ماسه، کود دامی پوسیده، کوکوپیت[8]، و پرلیت[9] تهیه گردید. کشت بذور جوانه‌دار شده به تعداد سه تا چهار بذر در اعماق سه تا پنج سانتی‌متری در مرکز گلدان‌ها انجام شد. آبیاری به صورت دستی و به وسیله‌ی پیمانه‌ی مدرج و به منظور اطمینان از آبیاری یکنواخت گیاهان به فاصله‌ی هر دو روز یک‌بار انجام گرفت. طول دوره‌ی همجواری گیاهان از زمان سبز شدن به مدت ۴۵ روز لحاظ شد (گیاهان مدت بیشتری می‌توانستند به رشد خود ادامه دهند، اما بعد از گذشت ۴۵ روز، ممانعت گیاهان از برخورد فیزیکی امر دشواری بود). فاصله‌ی بین تیمارها به منظور جلوگیری از تداخل، یک متر و فاصله‌ی گیاهان از هم ۲۵ سانتی‌متر لحاظ شد.

1- Far Red
2- Environmental Signal
3- Shade Avoidance
4- Competition
5- Plant phytochrome
6- Photosynthetically active radiation
7- High pressure Sodium
8- Coco Peat
9- Perlite

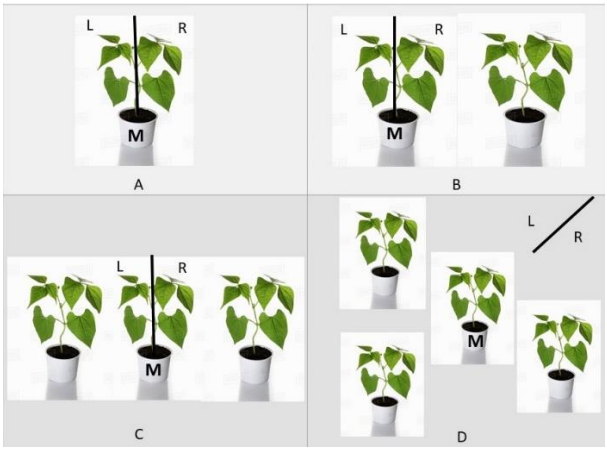
در طول دوره‌ی همجواری، به منظور جلوگیری از تماس فیزیکی گیاهان با هم، شاخ و برگ اضافی گیاهان همجوار به صورت منظم حذف می‌گردید. در پایان آزمایش، نسبت نور قرمز (R:۶۶۰) به قرمز دور (FR:۷۳۰) در قسمت پایین تاج‌پوشش، به وسیله‌ی حسگر اندازه-گیری کیفیت نور (مدل SKP 200) صورت گرفت. صفات ارتفاع گیاه، گره‌ی اول، دوم، سوم، ارتفاع کل و طول دمبرگ (برگ اول) اندازه-گیری شد. همچنین وضعیت قرارگیری پایین‌ترین برگ در زیر تاج-پوشش (تانژانت قرارگیری برگ) در هر تیمار همانند شکل ۱ و با تقسیم قاعده برگ (A) بر طول برگ (B) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این شاخص که برای اولین بار انجام می‌گرفت به وسیله‌ی دو میله‌ی عمود بر هم در کنار گیاه، موقعیت برگ تثبیت می‌شد و با قرار دادن برگ بر روی میله‌ی افقی به وسیله‌ی خط‌کش، قائده و طول برگ اندازه‌گیری شد.

همچنین به منظور ارزیابی فضای اشغال شده توسط بوته از نرم‌افزار اتوکد (AutoCAC 2018. 1. 2) استفاده شد. بدین منظور ابتدا در پایین بوته پارچه‌ی سفید رنگی به مساحت یک متر مربع پهن گردید و از ارتفاع یک متر از فضای بالای تاج‌پوشش عکس‌برداری صورت گرفت. در محیط نرم‌افزار، برگ‌ها به حالت سیاه رنگ از سایر قسمت‌های سفید رنگ تمایز داشت، که در نهایت مساحت اشغال‌شده توسط برگ‌ها اندازه‌گیری شد و با واحد متر مربع گزارش شد. همچنین در کنار اندازه‌گیری گیاه، تقارن گیاه مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص برای اولین بار مطرح گردیده است. در این شاخص، جهت‌گیری گیاه در حضور یا عدم حضور گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، گیاه مرکزی همانند شکل (۲) به زیست‌توده‌ی چپ و راست تقسیم‌بندی شد. به عنوان مثال در تیمار یک بوته‌ی همجواری گیاه به دو بخش ۱. زیست‌توده‌ی راست (قسمتی از گیاه که به سمت گیاه مجاور رشد پیدا نمود) و ۲. زیست‌توده‌ی چپ (قسمتی از گیاه که خلاف جهت گیاه مجاور رشد نمود)، تقسیم‌بندی شد. پس از این تقسیم‌بندی، زیست‌توده‌ی چپ و راست برگ، زیست توده‌ی ساقه و زیست‌توده‌ی کل به وسیله‌ی ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و به گرم گزارش شد. همچنین سطح برگ چپ و راست نیز به وسیله‌ی دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3100C اندازه‌گیری شد. در نهایت، تجزیه‌ی داده‌ها با نرم افزار SAS 9.3 و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام گرفت و در نمودار به وسیله‌ی شاخص خطای استاندارد مشخص گردید و رسم نمودارها در محیط Excel انجام گرفت.



شکل ۱- اندازه‌گیری قاعده (A) و طول برگ (B) جهت براورد تانژانت یا موقعیت قرارگیری برگ در زیر تاج‌پوشش لوبیا در تیمارهای مختلف همجواری

Figure 1- Measurement of the rule and altitude in lower part of red bean canopy to estimate the slope



شکل ۲- اندازه زیست توده‌ی چپ و راست گیاه به منظور اندازه گیری تقارن گیاه

شکل A، B، C و D به ترتیب ۰، ۱، ۲ و ۳ بوته‌ی همجوار

M: گیاه مرکزی، L: زیست توده‌ی چپ R: زیست توده‌ی راست

خط سیاه رنگ، محور تقارن را معین می‌نماید.

Figure 2- Measurement of left and right biomass for summitry determination

A, B, C AND D represent 0, 1, 2 and 3 adjacent plant

M: main plant, R: right side of plant biomass, L, left side of plant biomass

نتایج و بحث

نسبت نور قرمز به قرمزدور (کیفیت نور)

مقایسه میانگین تغییرات کیفیت نور رسیده به قسمت‌های پایین تاج‌پوشش نشان داد که با افزایش تعداد گیاهان همجوار، کیفیت نور رسیده به قسمت‌های پایین گیاه کاهش پیدا نمود (جدول ۱). بیشترین مقدار از تیمار عدم همجواری به میزان ۰/۶۵ به دست آمد و پس از آن با افزایش تعداد گیاهان به ۳ بوته، این نسبت به میزان ۵۰ درصد کاهش پیدا نمود که نسبت به تیمار عدم همجواری ۲۳ درصد کاهش پیدا نمود (شکل ۳). با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد که افزایش تراکم گیاهی در تیمار ۳ بوته‌ی همجوار منجر به افزایش بازتابش کانوپی شده و به همین دلیل کمترین کیفیت نور در این تیمار مشاهده شد.

جدول ۱- تاثیر همجواری بر شاخص‌های مختلف در گیاه لوبیا قرمز

Table 1- Effect of different levels of Adjacent on different grow indices on red bean

تیمار Treatment	A0 بدون همجوار Without adjacent	A1 همجوار با ۱ بوته Adjacent with 1 plant	A2 همجواری با ۲ بوته Adjacent with 2 plants	A3 همجوار با ۳ بوته Adjacent with 3 plants
نسبت نور قرمز به قرمز دور R:Fr	0.65(a)	0.62(ab)	0.60(ab)	0.50(b)
زیست‌توده برگ (گرم) Leaf Dry matter(g)	35(a)	23.9(b)	23.1(b)	22(b)
شاخص سطح برگ LAI[1]	0.7985(a)	0.60425(b)	0.5455(ab)	0.51325(ab)
حجم تاج‌پوشش (مترمربع) canopy Area (M^2)	0.6385(a)	0.52975(ab)	0.49725(ab)	0.372(b)
طول دمبرگ (سانتی‌متر) Petiol length(cm)	4.55(b)	4.925(ab)	5.09(a)	5.375(a)
تانژانت زاویه‌ی برگ اول Leaf tan	0.63(b)	0.70(b)	0.85(b)	1.35(a)
ارتفاع کل (سانتی‌متر) Height(cm)	28(a)	19.75(b)	21.125(b)	24(ab)
وزن خشک ساقه (گرم) Shoot dry matter (g)	27.8(a)	22.2(b)	23.4(b)	27.8(a)
وزن خشک کل (گرم) Plant dry matter (g)	62/8(a)	46/1(b)	46/6(b)	49.8(b)
وزن خشک چپ (گرم) Left LDM(g)	18.2(a)	14.8(ab)	11.4(b)	10.7(b)
وزن خشک راست (گرم) Right LDM (g)	16.9(a)	9.3(b)	11.8(ab)	11.3(ab)
تقارن گیاه (درصد) Plant Symmetry (%)	0.96(a)	0.76(b)	0.98(a)	0.96(a)
سطح برگ چپ (سانتی‌متر) Left LAI (cm)	0.4195(a)	0.41225(a)	0.2705(ab)	0.22225(b)
سطح برگ راست (سانتی‌متر) Right LAI (cm)	0.379(a)	0.192(b)	0.275(ab)	0.291(ab)
تقارن گیاه (درصد) Plant Symmetry (%)	0.95(a)	0.63(b)	0.99(a)	0.86(a)

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Same letters in each row indicate no significant difference

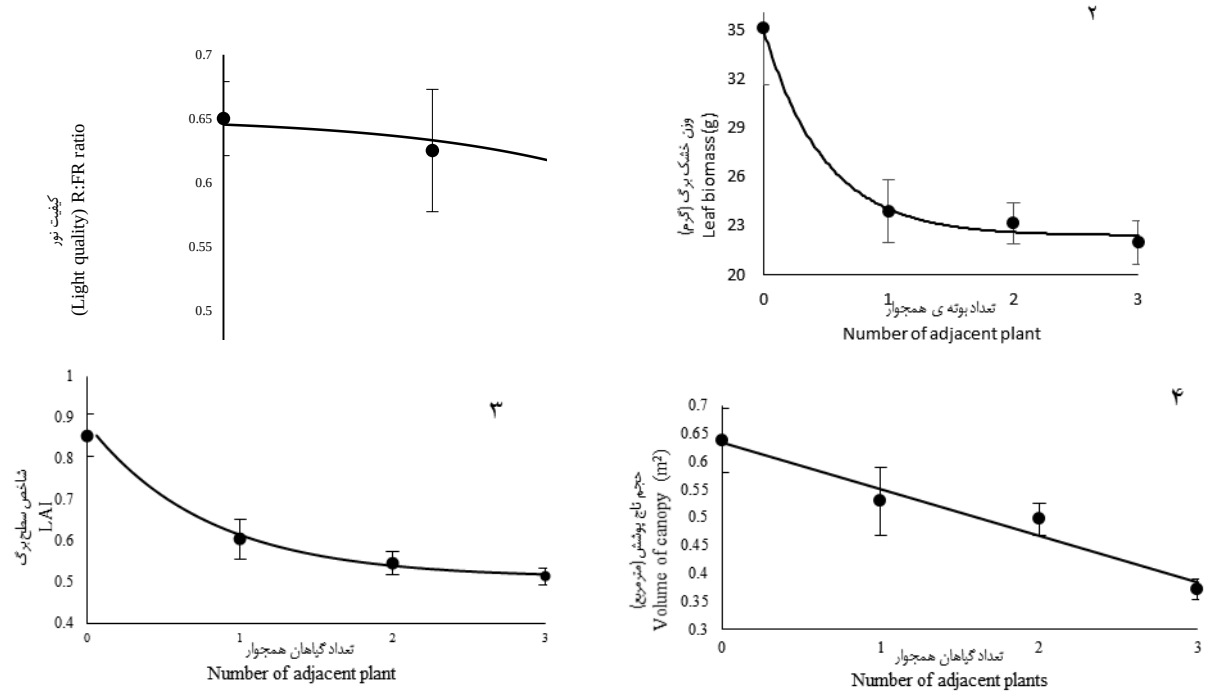
LDM: Leaf Dry Matter

1- Leaf Aria Index

زیست‌توده‌ی برگ، شاخص سطح برگ، حجم تاج‌پوشش

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که همجواری و عدم همجواری بر روی زیست‌توده‌ی برگ تولید شده توسط گیاهان تاثیر معنی‌داری داشت. بیشترین میزان زیست‌توده‌ی برگ در تیمار عدم همجواری (۳۵ گرم) و کمترین مقدار آن همجواری با سه بوته‌ی همجوار (۲۲ گرم) به دست آمد (جدول ۱). به عبارتی افزایش تعداد گیاهان همجوار از تیمار عدم همجواری تا ۳ بوته‌ی همجوار منجر به کاهش ۵۹/۸ درصدی در میزان زیست‌توده گیاهی شد (شکل ۳). در همین راستا دودلی و همکاران (۶) نیز نشان دادند که حضور گونه‌های همجوار به واسطه‌ی کاهش کیفیت نور منجر به کاهش تولید زیست‌توده برگی می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش همچنین نشان داد که افزایش تعداد بوته همجوار منجر به کاهش۳۶ درصدی در شاخص سطح برگ گیاه نیز شد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمارهای عدم همجواری (۰/۸۰ متر مربع) و سه بوته همجوار (۰/۵۱ متر مربع) به دست آمد (جدول ۱). بنابراین مشابه با زیست‌توده‌ی برگ، شاخص سطح برگ نیز با افزایش تعداد بوته‌های همجوار روندی کاهشی از خود بر جای گذاشت (شکل ۳). در همین راستا سعادتیان و همکاران (۲۱) نیز بیان داشتند که شاخص سطح برگ در شرایط تداخل با سایر گیاهان کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که حجم تاج‌پوشش، در تیمارهای عدم همجواری، یک، دو و سه بوته‌ی همجوار به ترتیب معادل ۰/۶۳، ۰/۵۲، ۰/۴۹ و ۰/۳۷ متر مربع به دست آمد (جدول ۱). بررسی این نتایج نشان داد که افزایش حضور گونه‌ی همجوار به میزان سه بوته منجر به کاهش ۴۱ درصدی در حجم تاج پوشش گیاه لوبیا نسبت به تیمار شاهد شد به نظر می‌رسد که ایجاد حجم تاج‌پوشش تا حد زیادی با مفهوم فضا در ارتباط می‌باشد. با توجه به آن، گیاهان هر چه فضای بازتری داشته باشند تمایل به گسترش عرضی در آن‌ها بیشتر می‌شود. زمانی که گیاه با سه بوته‌ی همجوار احاطه شده بود، امکان رشد عرضی چندانی برای گیاه وجود نداشت، زیرا تمایل رشد گیاه به سمت قسمت‌های دارای کیفیت نور بالاتر می‌باشد (حرکت به سمت بالا)، بنابراین کمترین حجم تاج‌پوشش ایجاد شده از تیمار سه بوته‌ی همجوار به دست آمد. همچنین در تیمارهای عدم همجواری، رشد عرضی گیاه بدون محدودیت ادامه پیدا نموده و سبب ایجاد بیشترین حجم تاج‌پوشش شد.



در هر شکل، بارها نشان دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

ش کل۲- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. کیفیت نور رسیده به تاج‌پوشش گیاه لوبیا قرمز ۲. زیست‌توده‌ی برگ ۳. شاخص سطح‌برگ ٤. حجم تاج-پوشش

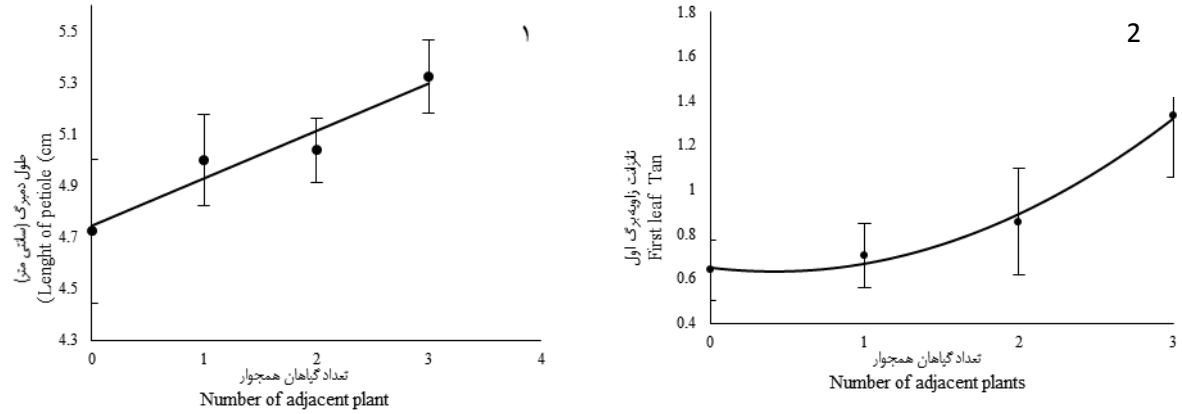
Figure 2- Effect of number of adjacent plants on 1. Light quality 2.Leaf dry matter 3.LAI 4. Volume of canopy

به عبارتی افزایش تعداد گونه‌های همجوار به واسطه‌ی ایجاد رقابت برای دریافت نور با گیاه اصلی منجر شد که گیاه به جای صرف انرژی در جهت افزایش حجم تاج‌پوشش، انرژی بیشتری را صرف افزایش ارتفاع نماید. به این صورت با افزایش ارتفاع، در بهره‌برداری از نور بالای تاج‌پوشش سهیم شده و با این روش بقای خود را تضمین نموده است (۲۴). با توجه به شکل ۲ حجم تاج‌پوشش با افزایش تعداد بوته‌ی همجوار به صورت خطی کاهش پیدا نمود.

طول دمبرگ و تانژانت زاویه‌ی برگ اول

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اندازه‌ی طول دمبرگ در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که اندازه‌ی طول دمبرگ با کیفیت نور رابطه‌ی معکوسی دارد. در تیمار عدم همجواری، کمترین میزان طول دمبرگ به میزان ۴/۵۵ سانتی‌متر به دست آمد و پس از آن با افزایش تعداد گیاهان همجوار به ۳ بوته، طول دمبرگ ۱۸ درصد افزایش یافت (شکل ۳). به نظر می‌رسد که با کاهش کیفیت نور، قسمت‌های پایینی گیاه به منظور تغییر موقعیت و استفاده از کیفیت بالاتری از نور، دمبرگ‌های طویل‌تری را به وجود آورده‌اند. در این رابطه دِویت و همکاران (۷) عنوان نمودند که تغییر اندازه‌ی طول دمبرگ در پاسخ به تغییرات کیفیت نور یکی از اولین فاکتورهای متغیر در فرایند مکانیسم‌های اجتناب از سایه محسوب می‌شود (۷).

همچنین نسبت قائده به ارتفاع در اولین برگ (تانژانت برگ اول) با افزایش تعداد گیاهان همجوار افزایش پیدا نمود(جدول ۱). کمترین مقدار این پارامتر از تیمار عدم‌همجواری به میزان ۰/۶۳ به‌دست آمد. با افزایش تعداد بوته‌های همجوار مقدار آن افزایش یافت، به‌نحوی که در تیمارهای یک، دو و سه بوته، مقدار آن به ترتیب ۰/۷۰، ۰/۸۵ و ۱/۳۵ مشاهده شد (شکل ۳). توانایی برگ در جذب نور تا حد زیادی به نحوه‌ی قرارگیری برگ درون تاج‌پوشش دارد. به نظر می‌رسد که با حضور بوته‌ی همجوار و کاهش کیفیت نور، برگ‌ها حتی در اعماق تاج‌پوشش به منظور دستیابی به نور آرایش خود را به نحوی قرار دادند که به سمت منبع نور حرکت کنند. در شرایط کاهش کیفیت نور، گیاهان دو لپه‌ای با تغییر در پایه‌ی دمبرگ، برگ‌ها را به حالت راست تغییر می‌دهند. این توانایی می‌تواند به عنوان یکی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه مطرح گردد. با این توانایی، گیاه قادر است در پروفیل های مختلف تاج‌پوشش، گسترش داشته و به همین دلیل قادر است برگ یا اندام جذب نور را در لایه‌های مختلف تاج پوشش قرار دهد و کارایی خود را در جذب نور افزایش دهد (۲۳). تغییر در مورفولوژی گیاه یکی از مکانیسم‌هایی است که در گیاهان مختلف به شکل‌های مختلف بروز می‌نماید. به عنوان مثال در گیاه خیار که در موقعیت کاهش‌یافته نسبت R:FR قرار گرفته است، با افزایش فاصله‌ی میانگره‌ها خود را به فضای با کیفیت نور بالاتر هدایت می‌نماید (۳). همچنین چرخش برگ‌ها از قسمت‌های با کیفیت نور پایین به سمت قسمت‌ها با کیفیت نور بالا در گیاه ذرت مشاهده شده است (۱۳).



در هر شکل، بارها نشان‌دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

شکل ۳- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. طول دمبرگ ۲. تانژانت زاویه ی برگ اول

Figure 3- Effect of number of adjacent plant on 1. Petiole length 2. First leaf tan

ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل

بررسی نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع به میزان ۲۸ سانتی‌متر از تیمار عدم‌همجواری به دست آمد (جدول ۱). در بین تیمارهای همجواری با یک، دو و سه بوته نیز بیشترین ارتفاع در تیمار همجواری با سه بوته (۲۴ سانتیمتر) مشاهده شد (شکل ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن

خشک ساقه در تیمارهای عدم‌همجواری و ۳ بوته همجوار (به‌ترتیب ۲۷/۹ و ۲۸ گرم) به دست آمد (جدول ۱). فرایند دریافت تغییرات طول‌موج و واکنش‌های بعد از آن به واسطه‌ی مولکول‌هایی به نام فیتوکروم (گیرنده‌های نوری)، میانجی‌گری می‌شوند (۱۰). فیتوکروم‌ها در دو فرم مختلف قرار داشته که با تغییر کونفورماسیون به همدیگر تبدیل می‌شوند. اولین فرم، فرم ناکارا یا غیرفعال فیتوکروم (Pr) که بعد از دریافت نور قرمز در محدوده‌ی ۶۶۰ نانومتر به شکل فعال (Pfr) در می‌آید. دومین فرم، فرم فعال فیتوکروم (Pfr) که نور قرمز دور را در محدوده‌ی ۷۳۰ نانومتر جذب می‌نماید و به فرم غیرفعال (Pr) تبدیل می‌شود. فیتوکروم در شرایط کیفیت بالای نور، فرم فعال داشته و با قرارگیری در هسته سبب کاهش و یا توقف فعالیت ژن‌های تولیدکننده‌ی هورمون اکسین (اکسین سنتاز) می‌شود. با کاهش کیفیت نور، فیتوکروم به شکل غیرفعال در آمده و پس از انتقال از هسته به سمت سیتوپلاسم سطح هورمون اکسین زیاد می‌شود (۱۴). افزایش سطح هورمون اکسین یکی از دلایل مهم افزایش ارتفاع ساقه به حساب می‌آید. در همین راستا، ایگلسیاس و همکاران(۱۱) رابطه‌ی مستقیمی بین کیفیت نور و مکانیسم‌های اجتناب از سایه گزارش دادند (۱۱) فرایند تبدیل فرم فیتوکروم از فعال به غیرفعال و برعکس و همچنین انتقال دو جانبه‌ی آن‌ها بین هسته و سیتوپلاسم در مدت زمان اندک و ظرف مدت چند دقیقه اتفاق می‌افتد (۴). از این‌رو گفته می‌شود که بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه حتی زمانی که گیاه در معرض مدت زمان اندکی از کاهش کیفیت نور قرار گیرد، اتفاق می‌افتد (۱۹). در بین تیمارهای همجواری، روند افزایش ارتفاع و زیست‌توده‌ی ساقه از یک تا سه بوته‌ی همجوار در شکل ۴ قابل مشاهده می‌باشد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین دو و سه بوته مشاهده نشد. در این پژوهش در تیمار همجواری با ۳ بوته به واسطه‌ی کاهش کیفیت نور و تاثیر بر روابط فیزیولوژیک گیاهی و مخصوصا تاثیر بر هورمون اکسین، ارتفاع و وزن خشک ساقه به ترتیب ۴۱ و ۲۵ درصد نسبت به دو تیمار دیگر افزایش یافت (شکل ۴). افزایش ارتفاع گیاه در حضور ۳ بوته‌ی همجوار، علاوه بر تغییرات کیفیت نور، با محدودیت گیاه با رشد عرضی نیز توجیه‌پذیر می‌باشد، زیرا نسبت پایین R/FR باعث کاهش رشد عرضی گیاه می‌شود (۲۵).

نتایج تاثیر تعداد بوته‌ی همجوار بر وزن خشک کل گیاه، از برهم‌کنش وزن خشک برگ و وزن خشک سایر اجزای بوته به دست آمد. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک کل گیاه به ترتیب از تیمارهای عدم همجواری (۶۲/۸ گرم) و تیمار یک بوته همجوار (۴۶ گرم) حاصل شد (جدول ۱). در این آزمایش بیشترین حجم تاج‌پوشش زمانی به دست آمد که گیاه بدون حضور گیاه همجوار به رشد خود ادامه داد. بنابراین به دلیل رشد طولی و عرضی و به موجب استفاده از حداکثر توان گیاه، با تولید ساقه‌های قوی‌تر و تعداد برگ‌های بیشتر در مجموع وزن بالاتری از زیست‌توده در تیمار عدم‌همجواری در مقایسه با سایر تیمارها به دست آمد. در بین تیمارهای همجواری، هر چند افزایش تعداد گیاه همجوار سبب افزایش زیست‌توده‌ی گیاه شد، اما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

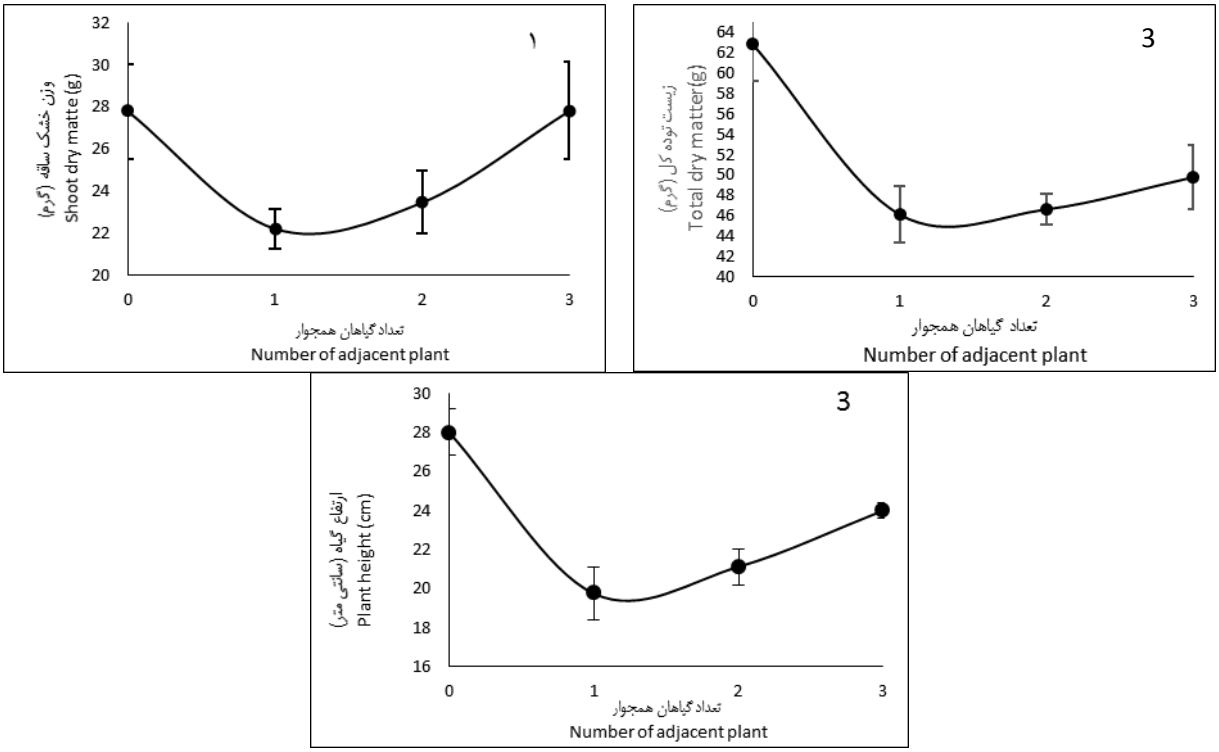
تقارن گیاه[1]

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در تمام تیمارها به غیر از تیمار یک بوته‌ی همجوار، توازن بین دو طرف گیاه مشاهده شد (جدول ۱). در تیمار یک بوته‌ی همجوار، رشد نامتعادل برگ‌های گیاه اتفاق افتاد (شکل ۵ و ۶). تقارن گیاه در این حالت ۰/۲۳ درصد به سمت چپ تغییر پیدا نمود. در این حالت، زیست‌توده‌ی چپ (زیست توده‌ی برگ گیاه در قسمتی که بر خلاف گیاه مجاور رشد نموده است) به میزان ۱۴/۷ گرم حاصل شد، اما میزان زیست‌توده‌ای که به سمت گیاه مجاور تشکیل شد به میزان ۹/۳ گرم به دست آمد که عدم تقارن در رشد گیاه نشان داد (شکل ۵). کم‌ترین میزان تولید سطح برگ در قسمت راست (قسمتی از گیاه که به سمت گیاه مجاور قرار داشت) به میزان ۰/۱۹۲ مترمربع در تیمار یک بوته‌ی همجوار، به‌دست آمد (شکل ۶). اطلاعات به دست آمده با نتایجی که نشان می‌دهد گیاهان تمایل دارند حرکت خود را به سمت مناطق با کیفیت نور بالاتر سوق دهد همخوانی دارد. در همین راستا بالار و پیریک (۳) عنوان نمودند که گیاهان تمایل دارند، به سمتی حرکت نمایند که کیفیت نور بالاتری وجود داشته باشد. رشد گیاه در جهت کیفیت نور بالاتر به دلیل اجتناب از شرایط پرتنش ایجاد می‌گردد (۳). به عبارتی می‌توان گفت، تمایل رشد گیاه در جهت کیفیت بالاتر نور (فارغ از افقی یا عمودی بودن) صورت می‌گیرد. بنابراین حضور گیاه یا گیاهان همجوار، رشد طولی و عرضی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش حضور گیاهان همجوار خویشاوند (لوبیا قرمز) مورد ارزیابی قرار گرفت. در مجموع حضور گیاهان همجوار سبب افزایش طول دمبرگ، تانژانت زاویه‌ی برگ اول، ارتفاع گیاه و زیست توده‌ی ساقه گردید. در مقابل کیفیت نور، شاخص سطح برگ، زیست-توده‌ی برگ و حجم تاج‌پوشش کاهش پیدا نمود. در این آزمایش افزایش تعداد گیاهان همجوار سبب کاهش رشد عرضی گیاه شد. در گیاهانی نظیر لوبیا قرمز، عملکرد با رشد عرضی گیاه و تولید شاخه-های فرعی به واسطه‌ی تولید غلاف، همبستگی مثبت دارد. همچنین شاخص سطح برگ و به موجب آن زیست‌توده برگ، به عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده کاهش یافت.

1- Plant asymmetry

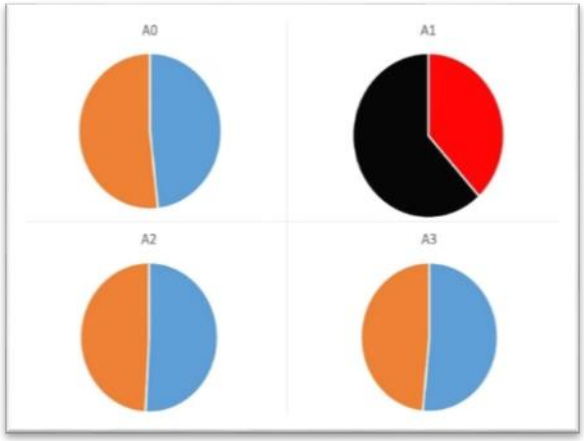


در هر شکل، بارها نشان دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

شکل ٤- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. زیست‌توده‌ی ساقه ۲. زیست‌توده‌ی کل ۳. ارتفاع گیاه

Figure 4- Effect of number of adjacent plant on 1. Shoot dry matter 2. Plant dry matter 3. Plant height

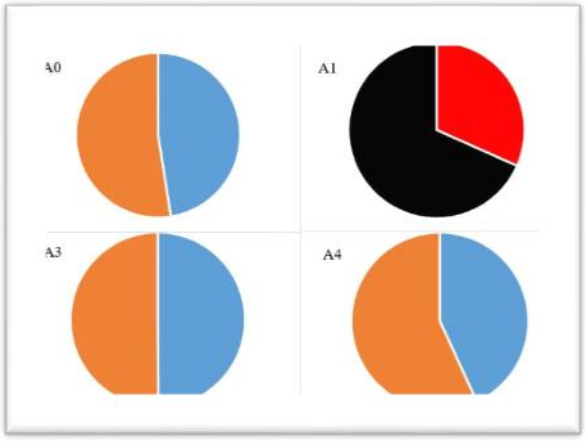


شکل ٥- تاثیر تعداد بوته‌ی همجوار بر زیست‌توده‌ی برگ لوبیا قرمز

قسمت چپ (رشد گیاه بر خلاف رشد گیاه مجاور) و راست (رشد گیاه به سمت رشد گیاه مجاور)

Figure 5- Number of adjacent plants on red bean leaf dry matter

Left (opposite to neighbor plants growth) and right (toward neighbor plant growth)



شکل ٦ - تاثیر تعداد بوته‌ی همجوار بر سطح برگ

قسمت چپ (رشد گیاه بر خلاف رشد گیاه مجاور) و راست (رشد گیاه در جهت رشد گیاه مجاور)

Figure 6- Effect of number of adjacent on bean LAI.

Left (opposite to neighbor plant growth) and right (toward neighbor plant growth)

در این آزمایش تاثیر کیفیت نور بر روی دو مولفه (تقارن و تانژانت زاویه‌ی برگ اول) برای اولین بار به عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه معرفی گردید. در نهایت نتایج این آزمایش و آزمایش-های مرتبط با تغییرات کیفیت نور بایستی در آینده در مطالعات خلا عملکرد لحاظ گردد. در این آزمایش‌ها، کلیه مواردی که سبب کاهش عملکرد گیاه می‌شود، لحاظ می‌گردد، اما نقش تغییرات کیفیت نور و تاثیر آن بر کاهش عملکرد نادیده گرفته می‌شود. در این صورت به‌نظر می‌رسد کاهش حساسیت گیاهان به تغییرات کیفیت نور بایستی در فعالیت‌های آینده‌ی اصلاح نباتات به عنوان یکی از موارد مهم مد نظر قرار گیرد.

منابع

1. Afifi M., Lee E., Lukens L., and Swanton C. 2015. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighboring weeds. Pest Management Science 71(4): 505-514.
2. Awal M.A., and Gani M.O. 2020. Study on Radiation Interception and Use in Some Mustard Varieties. Asian Journal of Advanced Research and Reports 11-23.
3. Ballaré C.L., and Pierik R. 2017. The shade-avoidance syndrome: multiple signals and ecological consequences. Plant, Cell and Environment 40(11): 2530-2543.
4. Bauer D., Viczián A., Kircher S., Nobis T., Nitschke R., Kunkel T., ... and Nagy F. 2004. Constitutive photomorphogenesis 1 and multiple photoreceptors control degradation of phytochrome interacting factor 3, a transcription factor required for light signaling in Arabidopsis. The Plant Cell 16(6): 1433-1445.
5. Casal J.J. 2013. Canopy light signals and crop yield in sickness and in health. ISRN Agronomy.
6. Dudley S.A., Murphy G.P., and File A.L. 2013. Kin recognition and competition in plants. Functional Ecology 27(4): 898-906.
7. De Wit M., Kegge W., Evers J.B., Vergeer-van Eijk M.H., Gankema P., Voesenek L.A., and Pierik R. 2012. Plant neighbor detection through touching leaf tips precedes phytochrome signals. Proceedings of the National Academy of Sciences 109(36): 14705-14710.
8. Demotes-Mainard S., Péron T., Corot A., Bertheloot J., Le Gourrierec J., Pelleschi-Travier S., and Vian A. 2016. Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. Environmental and Experimental Botany 121: 4-21.
9. Fraser D.P., Hayes S., and Franklin K.A. 2016. Photoreceptor crosstalk in shade avoidance. Current Opinion in Plant Biology 33: 1-7.
10. Huq E. 2018. Direct Convergence of Light and Auxin Signaling Pathways in Arabidopsis. Molecular Plant 11(4): 515-517.
11. Iglesias M. J., Sellaro R., Zurbriggen D., Casal J. J. 2018. Multiple links between shade avoidance and auxin networks. Journal of Experimental Botany 69(2): 213-228.
12. Kim H.W., sadeghi A., McKenzie –Gopsill A., Afifi M., Bozzo G., Lee E.A., and Swanton C.J. 2016. Changes in light quality alter physiological responses of soybean to thiamethoxam. Planta 244(3): 639-650.
13. Maddonni G.A,. Otegui M.E., Andrieu B., Chelle M., and Casal J.J. 2002. Maize leaves turn away from neighbors.

Plant Physiology 130(3): 1181–1189.
14. Martínez-García J.F., Gallemí M., Molina-Contreras M.J., Llorente B., Bevilaqua M.R., and Quail P.H. 2014. The shade avoidance syndrome in Arabidopsis: the antagonistic role of phytochrome A and B differentiates vegetation proximity and canopy shade. PloS one 9(10): e109275.
15. Moradi R., Koocheki A., and Nasiri Mahallati M. 2017. Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of Nitrogen. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing 7(2): 47-59. (In Persian with English abstract)
16. Nozue K., Tat A.V., Devisetty U.K., Robinson M., Mumbach M.R., Ichihashi Y., and Maloof J.N. 2015. Shade avoidance components and pathways in adult plants revealed by phenotypic profiling. PLoS Genetics 11(4): e1004953.
17. Page E.R., Tollenaar M., Lee E.A., Lukens L., and Swanton C.J. 2015. Shade avoidance: an integral component of crop weed competition. Weed Research 50: 281–288.
18. Prasch C.M., and Sonnewald U. 2015. Signaling events in plants: Stress factors in combination change the picture. Environmental and Experimental Botany 114: 4-14.
19. Rajcan I., and Swanton C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. Field Crop Research 71:139–150.
20. Roig-Villanova I., and Martínez-García J.F. 2016. Plant responses to vegetation proximity: a whole life avoiding shade. Frontiers in Plant Science 7.
21. Saadatian B., Ahmadvand G., and Soleymani F. 2011. Investigation of growth indices and yield of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in competition with rye (*Secale cereale* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) weeds. (In Persian with English abstract).
22. Vialet-Chabrand S., Matthews J.S., Simkin A.J., Raines C.A., and Lawson T. 2017. Importance of fluctuations in light on plant photosynthetic acclimation. Plant Physiology 173(4): 2163-2179.
23. Wille W., Pipper C. B., Rosenqvist E., Andersen S.B., Weiner J., and Jackson M.B. 2017. Reducing shade avoidance responses in a cereal crop. Aob Plants 9(5).
24. Yaghoubi S. R., Aghaalikhani M., and Zand E. 2011. Effect of the timing of emergence of seedling on morphological characteristics and seed production of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in competition with sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 13(1): 32-48.
25. Yang C., and Li L. 2017. Hormonal regulation in shade avoidance. Frontiers in Plant Science 8: 15-27.

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, P. 131-141

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۴۱-۱۳۱

The Effect of Adjacent Plants Number on Shade Avoidance Syndrome Mechanism of Red Bean (*Phaseolus vulgaris*)

A. Bagheri[1]- Gh. Asadi[2*]- A. Ghanbari[3]

Received: 06-09-2020
Accepted: 23-12-2020

Introduction: The light received by plants is composed of different types of wavelengths (sanged from ultraviolet to infrared). The region among 400 nm to 700 nm is what plants use to drive photosynthesis, typically referred as Photosynthetically Active Radiation (PAR). Plants are so proper light filters. Leaf chlorophylls and carotenoids absorb and use most of the R light available for photosynthesis, but reflect or transmit most of the FR light, those parts of light which transmitted through vegetation, depleted in red and strongly enriched in far-red even before direct shading takes place. The natural R:FR ratio varies from 1 to 1.2 in sunlight above a canopy, gradually decreasing to lower to 0.2 under a dense canopy. Red to Far Red ratio (R:FR) is considered as an indicator of the light quality. Plants are able to detect changing in light quality via their phytochromes. Understanding the decrease of light quality create a series of reactions in the plant such as stem elongation, reduction in stem diameter, and reduction in shoot and root biomass and so forth that are known as shade avoidance syndrome (SAS). In this research, a pot experiment established to evaluate the effects of neighboring on shade avoidance mechanism in red bean (*Phaseolus vulgaris*).

Material and Methods: Pot experiment was conducted based completely randomized designs with four replications at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad, 2016 and 2017. The treatments included the red bean (*Phaseolus vulgaris*) growth without neighboring and 1, 2 and 3 red bean plants as neighbors. In each pots (23 cm diameter and 21.5 cm height), 3 to 4 red bean seeds (Straight, Derakhshan) were planted and finally one plant was selected and kept for 45 days. The distance between each treatment was one meter for keeping plants away from mutual shading. In each treatment, 25 cm distant was considered between pots. After 45 days, R:FR ratio was measured beneath the canopy using a quantum sensor (SKR 200 model) subsequently, the main plant were harvested and some traits were measured. Shoot height, petiole length, and area of canopy, first leaf and plant symmetry. Then plants separated into leaves and stems. After measuring the total leaf area using LI-3000 area meter, plant parts were oven-dried at 80°C and weighed. The analysis of variance (ANOVA) for completely randomized design was performed for all responses using PROC GLM in SAS 9.3. Treatment means were compared using either the LSD test or single degree of freedom contrasts.

Results and Discussion: Result of this experiment showed that by increasing the number of neighboring plants to 3 plants, the light quality (R to FR ratio) decreased down to 0.5 in 3 plants neighbored treatment. Accordingly, changing the light quality influenced the traits reactions. By increasing the adjacent plants number, shoot and plant height were increased. The highest plant (28 cm) and shortest (4.55 cm) petiole length was recorded in the non-neighbor treatment. To measure the leaf biomass, plants were separated into the left (that part of plant with growth opposite the neighbor) and right (toward neighbor plant growth). Result showed that in the trait with 1 plant in neighborhood, symmetry of plant was impaired (0.23 percent). In the trait with 3 neighbors, the first leaf angle was 1/35 that indicates plants attempt to reach towards high light quality. In this experiment, plant symmetry and plant angle was proposed as a shade avoidance syndrome. One main result in this experiment was reduce in area of canopy and reduction in lateral growth and production of branches in plant. In some crops such as legumes, lateral expansion to making pods is the main part of yield. Reaching out for light and increase in plant height would suppress the lateral growth which impact the productivity of plant. Moreover, diminish in leaf aria index reduce the leaf dry matter, as the main photosynthetic organs decreased. Finally, result of this experiment and those study on shade avoidance effect on crop destiny, should be considered in yield gap estimation. In these sort of experiments, total icons involve in yield diminish is considered except shade avoidance. Role of light quality also should be noted in future studies.

Keywords: Competition, Leaf angle, Light quality, Shading and Symmetry

1, 2 and 3- Ph.D. Student of Weed Science and Associate Professors, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding Author Email: asadi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JPP.2021.32827.0