

(*Avena ludoviciana*)

(*Rapistrum rugosum*)

**Modelling light interception and distribution in mixed canopies of wild oat
(*Avena ludoviciana*) and turnip weed (*Rapistrum rugosum*)
in competition with wheat**

مجتبی حسن زاده دلویی^۱، مهدی نصیری محلاتی^۲، قربان نورمحمدی^۳، حمید رحیمیان مشهدی^۴

() ()
() ()
INTERCOM ()

نور به عنوان مطلوب ترین روش برای تعیین میزان نور دریافتی هر گونه محسوب میشود (Berkowitz, 1988). در دهه های گذشته چندین مدل برای پیش بینی رقابت بر سر نور پیشنهاد شده است. مدل های فتوسنتزی نحوه جذب نور و مصرف آن توسط گونه های مختلف در کانوپی را بیان میکند (Hikosaka et al., 1999). اسپیترز و آثرتز (Spitters & Aerts, 1983) مدلی را پیشنهاد کردند که در آن کانوپی به چندین لایه تقسیم شد و جذب نور توسط هر لایه بر اساس سهم سطح برگ در آن

در شرایط مطلوب مدیریت، که شرایط برای رشد گیاهان مناسب باشد، بیشترین رقابت گیاهان بر سر نور صورت می گیرد (Keating & Carberry, 1983). اغلب تفاوت های مشاهده شده در عملکرد گونه های رقیب در کشت مخلوط ناشی از تفاوت در میزان نور دریافتی و یا کارایی مصرف آن است (Sinoquet et al., 1996). در کانوپی مخلوط، اندازه گیری جذب نور توسط هر گونه، امکان پذیر نیست و مدل سازی فرایند جذب

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۷/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۱۲/۱۵

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی- واحد گناباد ۲- دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد ۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم تحقیقات تهران ۴- استاد دانشگاه تهران

لایه محاسبه گردید. در مدل کراف و همکاران (Kropff et al., 1994) به جای سطح برگ، از سطح برگ مؤثر در جذب نور (حاصل ضرب سطح برگ در یک ضریب توسعه) استفاده شد.

کاربرد مدل‌های جذب نور در کانوپی مخلوط بدون توصیف ساختار کانوپی و تأثیر آن بر جذب نور توسط گونه‌های مختلف امکان‌پذیر نیست (Lantinga et al., 1999). تفاوت در ساختار کانوپی و تأثیر آن بر جذب نور یکی از عوامل مهم در رقابت گندم با علف‌های هرز گزارش شده است (Caldwell, 1987; Beyschlag et al., 1988). در اغلب مطالعات انجام شده بر روی رقابت علف‌های هرز با گندم از مدل‌های رگرسیونی استفاده شده است (Cousense, 1985; Cousense, 1987; Cousense et al., 1991; Kropff, 1988; و لی مدل‌های مذکور هیچ ایده‌ای از مکانیزم رقابت ارائه نمی‌دهند و از طرفی ضرایب رگرسیونی تحت تأثیر عوامل مختلف شدیداً تغییر می‌کنند. مدل‌های شبیه‌سازی با در نظرگیری مکانیزم رقابت و توجه به عوامل مهمی نظیر زمان رقابت ابزار بسیار مناسبی برای مطالعه رقابت در جوامع گیاهی هستند (Kropff et al., 1992). با وجودی که کاهش عملکرد ناشی از رقابت گونه‌های مختلف علف هرز با گیاهان زراعی توسط مدل‌های رگرسیونی در سطح وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است ولی اطلاعات موجود در مورد مکانیزم این فرایند به ویژه از نظر تفاوت‌های مورفولوژیکی و ساختاری گونه‌های پهن برگ و باریک برگ علف هرز به درستی شناخته نشده است. این تحقیق به منظور شبیه‌سازی نور دریافتی توسط دو گونه علف هرز باریک برگ یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) و پهن برگ شلمی (*Rapistrum rugosum*) در رقابت با گندم صورت گرفت تا میزان نور دریافتی هر گونه و عوامل مؤثر بر آن تعیین گردد.

دو آزمایش به طور هم‌زمان در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ده کیلومتری جنوب شرقی مشهد اجرا شد. هر دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در آزمایش اول فاکتورهای آزمایش شامل: تراکم گندم در سه سطح (۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ بوته در متر مربع) و تراکم یولاف در پنج سطح (صفر، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰ بوته در متر مربع) و در آزمایش دوم فاکتورها شامل تراکم گندم در سه سطح (۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ بوته در متر مربع) و تراکم شلمی در پنج سطح (صفر، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ بوته در متر مربع) بود. رقم گندم مورد استفاده در هر دو آزمایش رقم پائیزه ۵-۷۳ C بود. هر دو آزمایش به صورت افزایشی اجرا گردید که در آن تراکم گندم در هر سطح، ثابت و تراکم یولاف و شلمی متغیر بود. کود اوره به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (۵۵ کیلوگرم N) و کود فسفات آمونیوم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۷۲ کیلوگرم P_2O_5) استفاده گردید. کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید و کود اوره طی سه نوبت (۱/۳ هنگام کاشت، ۱/۳ هنگام پنجه‌زنی و ۱/۳ موقع ساقه رفتن) استفاده گردید.

بر اساس تراکم مورد نظر و با توجه به وزن هزار دانه، میزان بذر مورد نیاز هر کرت محاسبه و در پاکت‌های جداگانه قرار گرفت. بذور گندم کاشت در تاریخ هشتم آبان ماه توسط کارگر در ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ سانتیمتر کشت گردید. بلافاصله پس از کاشت گندم، بذر علف‌های هرز بر اساس تراکم مورد نظر در بین ردیف‌های گندم به طور یکنواخت کشت گردید. در مورد یولاف تا حد ممکن سعی گردید تراکم مورد نظر در زمان کاشت از طریق تنظیم تعداد بذر (با در نظرگیری درصد جوانه‌زنی) و در مورد شلمی از

(Goudriaan, 1986):

معادله ۲

$$\rho = \left[\frac{1 - \sqrt{1 - \sigma}}{1 + \sqrt{1 - \sigma}} \right] \times \left[\frac{2}{1 + 1.6 \sin \beta} \right]$$

که در آن:

σ ضریب انتشار تک برگ‌ها برای تشعشع قابل رویت و مقدار آن برای اغلب گونه‌های زراعی حدود ۰/۲ است

B ارتفاع خورشیدی

معادله (۱) برای کشت خالص مناسب است اما در کشت مخلوط که بیش از یک گونه در حال رقابت است و گونه‌ها دارای ارتفاع‌های مختلف هستند باید سطح برگ جمععی هر گونه در بالای یک ارتفاع مشخص به طور جداگانه محاسبه گردد. در این حالت معادله (۱) به صورت زیر خواهد بود:

$$I_h = (1 - p) I_0 \exp(-\sum K_i L_{h,i}) \quad \text{معادله ۳}$$

که در آن:

$L_{h,i}$ شاخص سطح برگ جمععی (به سمت پایین) گونه i در هر ارتفاع از کانوپی
 K_i ضریب خاموشی گونه i (مترمربع زمین بر مترمربع برگ)

سطح برگ جمععی هر گونه بر اساس رابطه بین تراکم سطح برگ و ارتفاع گیاه محاسبه می‌شود. تراکم سطح برگ یا LAD (Leaf Area Density) نشان‌دهنده سطح برگ پیرامون یک نقطه خاص از ارتفاع کانوپی است (مترمربع برگ بر مترمربع زمین بر ارتفاع).

LAD در مدل‌های مختلف برای محاسبه پروفیل و جذب نور توسط گونه‌های مخلوط استفاده شده است (Spitters & Aerts, 1983; Kropff et al., 1993). در مدل‌های مختلف توابع متفاوتی برای توزیع سطح برگ در طول کانوپی در نظر گرفته شده است. کراف و همکاران (Kropff et al., 1993) در مدل INTERCOM توزیع سطح برگ در کانوپی را به صورت سهمی در نظر گرفتند. در تابع سهمی فرض بر این است که حداکثر سطح برگ هر گونه در ۵۰ درصد ارتفاع حاصل می‌شود.

طریق تنک کردن، اعمال گردد. به منظور بررسی روند رشد و تعیین شاخص‌های رشدی از اواخر پنجه‌زنی گندم (۱۲۵ روز پس از کاشت) تا پایان رشد، هر دو هفته یکبار نمونه برداری انجام شد به این منظور در هر کرت بوته‌ها در سطح ۰/۱ متر مربع با استفاده از یک کوادرات (۵۰×۲۰) برداشت گردید. در هر بار نمونه برداری، گیاهان با ریشه از خاک خارج و پس از شستشو، تعداد گیاهان به تفکیک شمارش و ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک نمونه‌ها تعیین گردید. در چهارمین نمونه برداری (۱۸۰ روز پس از کاشت) توزیع عمودی سطح برگ گونه‌ها با اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در پنج لایه با ضخامت ۲۵ سانتیمتر (۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵، ۷۵-۱۰۰ و ۱۰۰-۱۲۵ سانتیمتر) اندازه‌گیری شد. به این منظور گیاهان در هر نمونه به لایه‌های ۲۵ سانتیمتری تقسیم گردید و برگ‌های موجود در هر لایه تفکیک شدند و سطح برگ‌ها تعیین گردید. به منظور بررسی توزیع نور در کانوپی در ۱۸۰ روز پس از کاشت، میزان نور در قسمت بالا و پایین لایه‌های مختلف کانوپی اندازه‌گیری شد.

درون یک کانوپی، تشعشع از بالا به سمت پایین به صورت نمایی بر اساس معادله زیر کاهش می‌یابد:

$$I_h = (1 - p) I_0 \exp(-KL) \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن:

I_h میزان تشعشع (PAR خالص) در ارتفاع h کانوپی (از سطح گیاه) بر حسب ژول بر مترمربع زمین در ثانیه
 I_0 میزان تشعشع در بالای کانوپی (ژول بر مترمربع زمین در ثانیه)

L شاخص سطح برگ جمععی از بالا به پایین کانوپی (مترمربع برگ بر مترمربع زمین)

ρ ضریب انعکاس نور در کانوپی

K ضریب خاموشی نور (مترمربع زمین بر مترمربع برگ)
 ضریب انعکاس نور در کانوپی بر اساس ضریب انتشار تک برگ‌ها (σ) به شکل زیر محاسبه می‌شود

در کشت مخلوط اغلب گونه‌ها توزیع سطح برگ سهمی نیست به عنوان مثال در کشت مخلوط شبدر با گراس، شبدر در قسمت فوقانی کانوپی بخش بیشتری از سطح برگ را دارا است (Nassiri & Elgersma, 1996). یولاف وحشی و شلمی نیز در لایه‌های فوقانی کانوپی سطح برگ بیشتری نسبت به گندم دارا هستند (حسین نیا ۱۳۷۹، حسن زاده و همکاران ۱۳۸۱) و بنابراین توزیع سطح برگ به صورت سهمی نیست به این دلیل در این آزمایش به جای تابع سهمی LAD از تابع مثلثی (Pereira & Shaw, 1980; Nassiri & Elgersma, 1998) به شکل زیر استفاده گردید:

معادله ۴ (الف)

$$LAD, h = Ld, m \frac{(H - h)}{(H - hm)} \quad hm \leq h \leq H$$

معادله ۴ (ب)

$$LAD, h = Ld, m \frac{h}{hm} \quad 0 \leq h \leq hm$$

که در آن:

LAD, h تراکم سطح برگ در ارتفاع h (m^2/m^3)

$L_{d,m}$ حداکثر تراکم سطح برگ (LAD_{max})

h_m ارتفاعی که در آن حداکثر LAD دیده شده است (سانتیمتر)

H ارتفاع کل کانوپی

برای محاسبه $L_{d,m}$ می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$L_{d,m} = \frac{2LAI}{H} \quad \text{معادله ۵}$$

پس از محاسبه LAD بر اساس روابط بالا می‌توان شاخص سطح برگ تجمعی (به سمت پایین) هر گونه i را در هر ارتفاع از کانوپی به شرح زیر محاسبه کرد:

معادله ۶ (الف)

$$L_{h,i} = \left(\frac{1 - \left(\frac{h_i}{H_i} \right)}{1 - \left(\frac{hm,i}{H_i} \right)} \right) L_i \quad hm, i \leq h_i \leq H_i$$

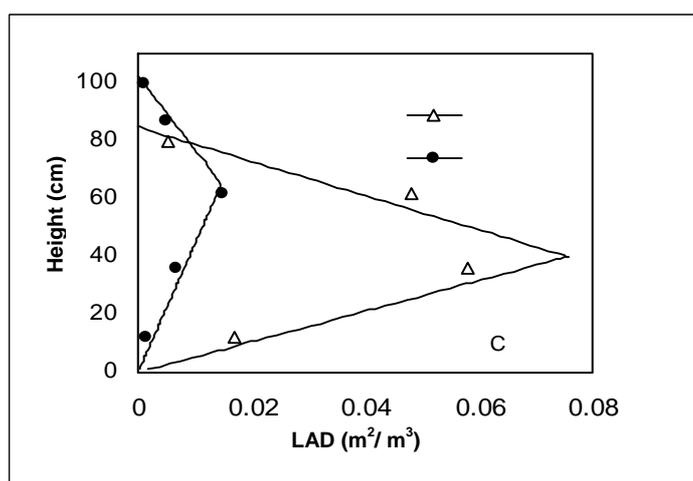
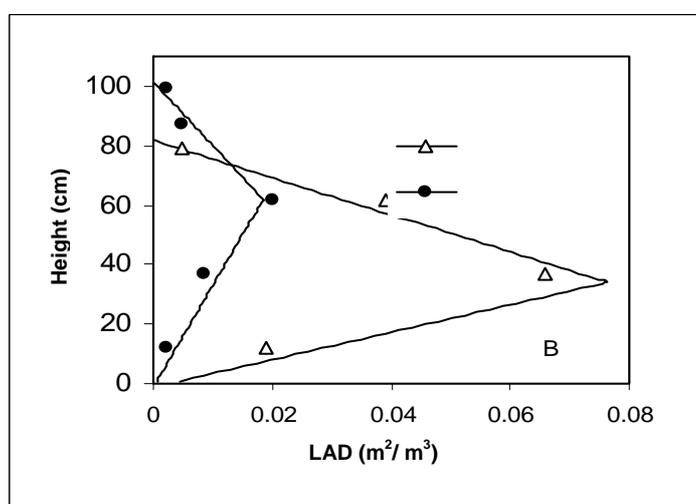
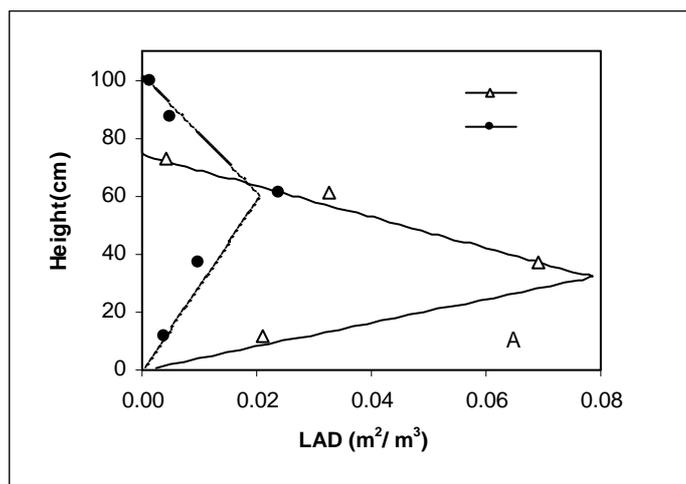
معادله ۶ (ب)

$$L_{h,i} = \left(1 - \frac{(h_i)}{(H_i \times hm,i)} \right) L_i \quad 0 \leq h_i \leq hm, i$$

که در آن:

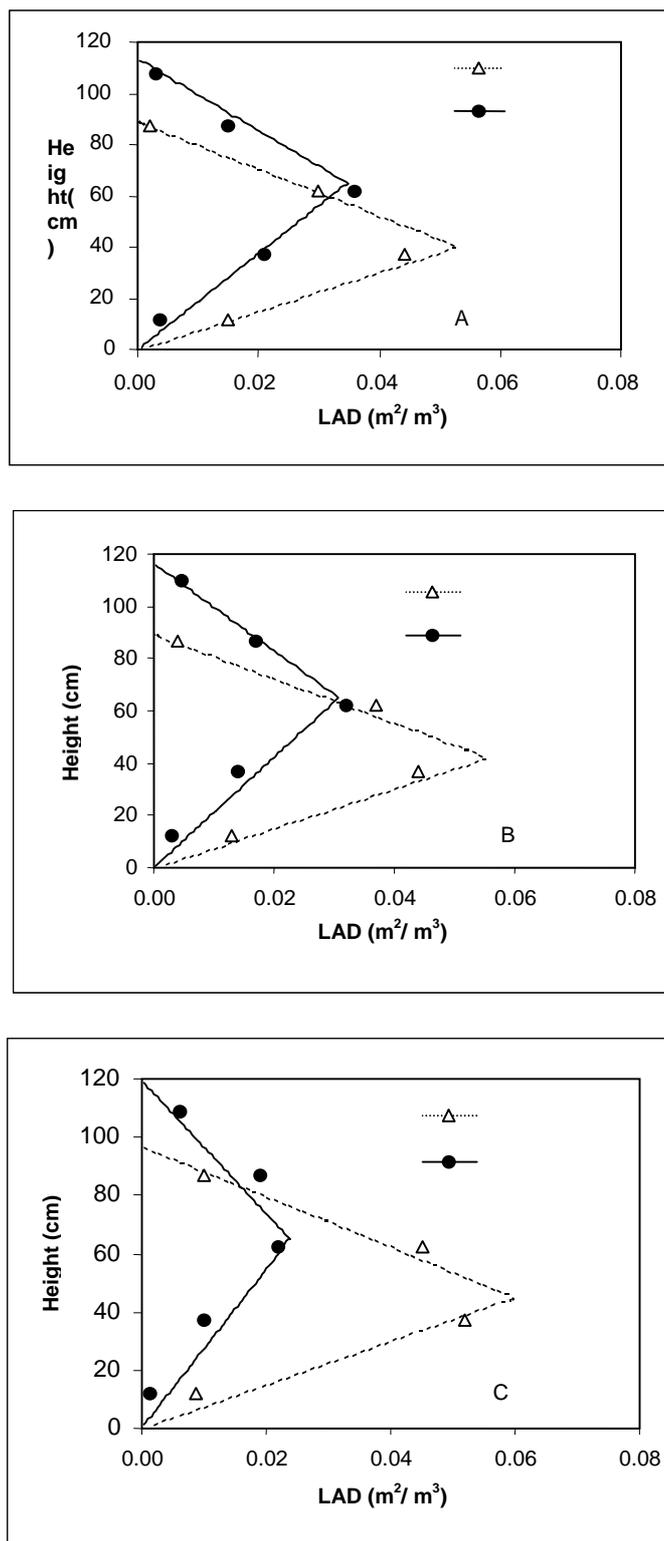
به منظور تعیین اعتبار مدل، داده‌های جمع‌آوری شده در طول آزمایش با داده‌های ارائه شده توسط مدل مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت، نتایج نشان داد که تابع مثلثی تراکم سطح برگ در مورد گونه‌های مورد بررسی مناسب بوده و در تمام موارد پیشگویی مناسبی از داده‌های واقعی ارائه کرده است. (شکل‌های ۱ و ۲)

حداکثر LAD (LAD_m) گندم از LAD_m هر دو علف هرز بالاتر بود. مقدار LAD_m گندم در رقابت با یولاف بیشتر از مقدار آن در رقابت با شلمی بود. این امر می‌تواند یکی از دلایل بالاتر بودن قدرت رقابت شلمی نسبت به یولاف باشد. حداکثر LAD گندم در رقابت با یولاف در ارتفاع ۳۶ سانتیمتری (۴۵ درصد ارتفاع کل) و در رقابت با شلمی در ارتفاع ۴۵ سانتیمتری (۵۰ درصد ارتفاع کل) مشاهده گردید. حداکثر LAD یولاف و شلمی به ترتیب در ارتفاع ۶۲ سانتیمتری (۶۰ درصد ارتفاع کل) و ۶۵ سانتیمتری (۵۵ درصد ارتفاع کل) مشاهده گردید. بارنز و همکاران (Barnes et al., 1990) گزارش کردند با گذشت زمان نسبت برگ‌های نیمه‌فوقانی گندم در رقابت با یولاف از ۵۹ به ۳ درصد کاهش یافت و علت این امر را تجمع برگ‌های یولاف در لایه‌های فوقانی کانوپی ذکر کردند. مقایسه مقادیر LAD



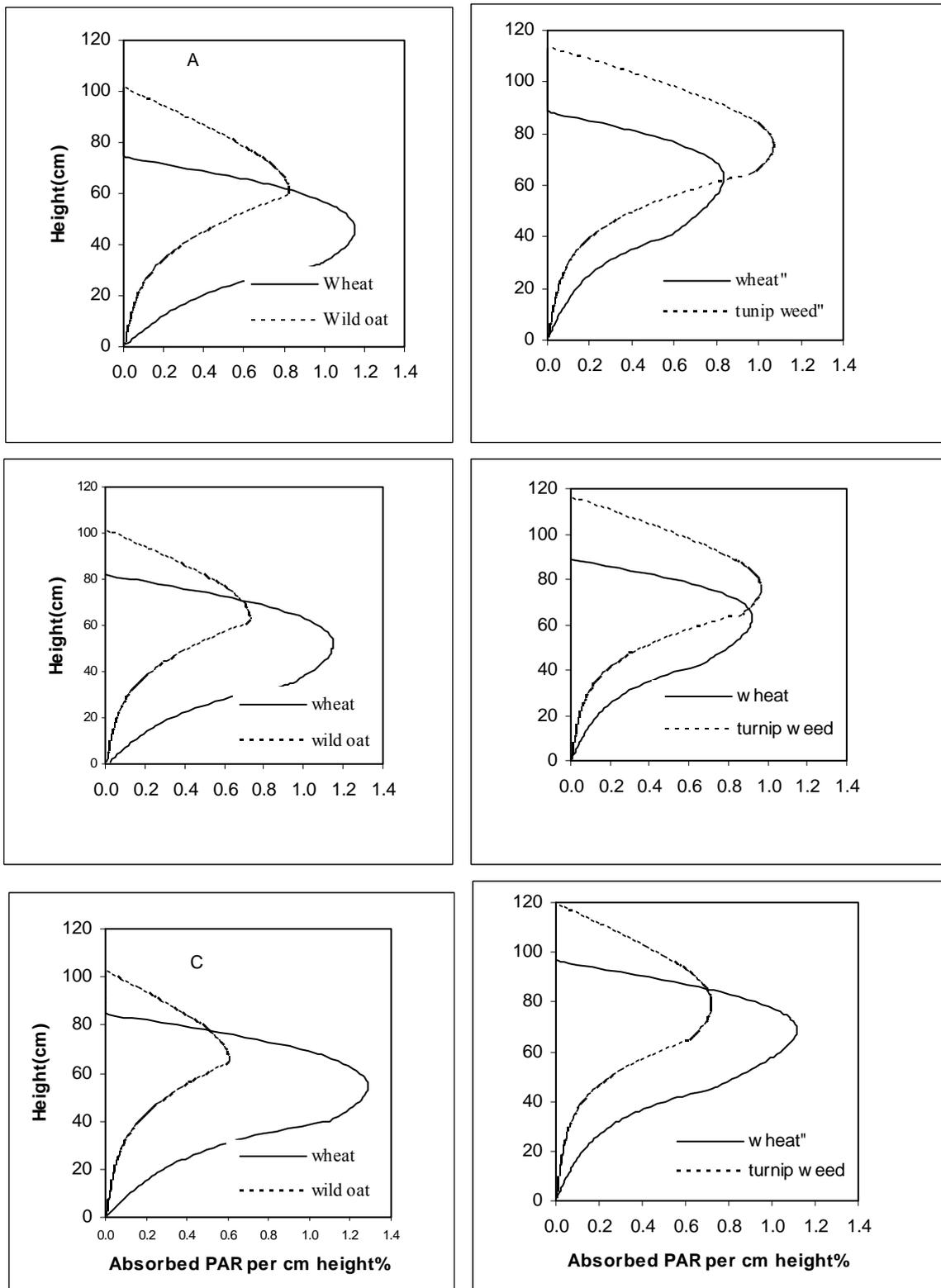
نمودار ۱- توزیع عمودی سطح برگ گندم و یولاف در ۱۸۰ روز پس از کاشت در تراکم‌های (A) ۳۰۰، (B) ۴۵۰، (C) ۶۰۰ بوته گندم در مترمربع در بالاترین تراکم یولاف (۱۶۰ p/m²)

Fig.1. Vertical distribution of wheat and wild oat leaf area density (LAD) in 180 days after planting in 300(A), 450(B), 600(C) wheat and 160 wild oat plants /m²



نمودار ۲- توزیع عمودی سطح برگ گندم و شلمی در ۱۸۰ روز پس از کاشت در تراکم های (A) ۳۰۰، (B) ۴۵۰ و (C) ۶۰۰ بوته گندم در متر مربع در بالاترین تراکم شلمی ($32 p/m^2$)

Fig. 2. Vertical distribution of wheat and turnip weed leaf area density(LAD) in 180 days after planting in 300(A), 450(B),600(C) wheat and 32 turnipt weed plants /m²



نمودار ۴ - شبیه‌سازی درصد تشعشع جذب شده به ازای هر سانتیمتر ارتفاع کانوپی در ۱۸۰ روز پس از کاشت در تراکم‌های ۳۰۰ (A)، ۴۵۰ (B) و ۶۰۰ (C) بوته گندم در مترمربع در بالاترین تراکم علف‌های هرز
 Fig. 4. Simulated absorbed PAR per cm height in 180 days after planting in 300(A), 450(B), 600(C) wheat plants/ m² in highest density of weeds

جدول ۱- حالت های مورد استفاده در آنالیز حساسیت مدل و نتایج حاصل در مورد درصد نور جذب شده توسط هر گونه

Fig. 1. Conditions used for the sensitivity analysis and corresponding results for absorbed PAR by each species

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LAI ₁	2.5	2.75	3	3.25	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
LAI ₂	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
H ₁	80	80	80	80	88	96	104	80	80	80	80	80	80
H ₂	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
H _{m1}	40	40	40	40	40	40	40	44	48	52	40	40	40
H _{m2}	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
K ₁	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.54	0.48	0.42
K ₂	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
PAR ₁	0.45	0.47	0.49	0.51	0.48	0.51	0.53	0.46	0.48	0.49	0.47	0.49	0.51
PAR ₂	0.45	0.43	0.41	0.39	0.41	0.39	0.36	0.43	0.42	0.40	0.43	0.41	0.39

LAI: شاخص سطح برگ - H_m: ارتفاعی که در آن حداکثر تراکم سطح برگ دیده شده - H: ارتفاع - K: ضریب خاموشی - PAR: نسبت تشعشع جذب شده برای گونه ۱ (گندم) و گونه ۲ (علف هرز)

LAI: Leaf area index-H_m: Height of maximum LAD-H: Height-K: Extinction coefficient-PAR: Ratio of absorbed PAR between wheat and weeds for species 1(wheat), 2 (weeds)

برای هر گونه ثابت فرض گردید. ضریب خاموشی گندم برابر با ۰/۶ (Spitters et al., 1989) و ضریب خاموشی یولاف ۰/۵ و ضریب خاموشی شلمی ۰/۷ در نظر گرفته شد. مونتیس (Monteith, 1969) ضریب استهلاک گونه های برگ عمودی (تک لپه) را بین ۰/۴-۰/۷ و گونه های برگ افقی (دولپه) را بین ۰/۱-۰/۶۵ گزارش کرد.

پروفیل عمومی جذب نور شبیه سازی شده در گونه ها (شکل ۱) بیانگر آنست که در همه تراکم های گندم جذب نور توسط علف های هرز بیش از گندم است هر چند با افزایش تراکم گندم، سهم گندم در جذب نور افزایش می یابد. از طرفی مقایسه میزان جذب نور گندم در رقابت با شلمی و یولاف مؤید آنست که گندم در رقابت با شلمی سهم کمتری از نور را جذب می کند و ۳۲ بوته شلمی در متر مربع تأثیر بیشتری از ۱۶۰ بوته یولاف دارد. این اختلاف را می توان با توجه به بیشتر بودن سطح برگ نسبی شلمی نسبت به یولاف توجیه کرد.

تراکم های مختلف نشان داد که ارتفاعی که در آن حد اکثر LAD مشاهده می شود (h_m) تحت تأثیر تراکم قرار می گیرد و با افزایش تراکم گندم مقدار آن افزایش می یابد. به نظر می رسد که با افزایش تراکم، رقابت بر سر نور افزایش یافته و این امر نه تنها ارتفاع را تحت تأثیر قرار می دهد بلکه بر الگوی توزیع سطح برگ در طول کانوپی نیز تأثیر می گذارد

به منظور تعیین اعتبار مدل علاوه بر سطح برگ، از تشعشع جذب شده توسط کانوپی مخلوط نیز استفاده گردید به این منظور با استفاده از مدل، تشعشع جذب شده توسط کانوپی مخلوط برای هر تراکم گندم شبیه سازی شد، در مورد هر دو علف هرز بالاترین تراکم به کار رفته در آزمایش استفاده گردید، سپس مقادیر واقعی اندازه گیری شده تشعشع با مقادیر پیش گوئی شده توسط مدل مقایسه شد نتایج نشان داد که در کلیه موارد، مدل برآورد مناسبی از داده های واقعی ارائه کرده است (شکل ۳). در این مدل ضریب خاموشی

برگ بیشتر و ضریب استهلاک کمتری داشته و یا در لایه‌های فوقانی کانوپی تراکم سطح برگ بیشتری داشته باشد قادر به جذب نور بیشتری بوده و قابلیت رقابت بالاتری خواهد داشت. برتری ارتفاع یولاف و شلمی و تمرکز بیشتر سطح برگ هر دو علف هرز در لایه‌های فوقانی کانوپی نسبت به گندم از علل مهم برتری رقابتی این دو گونه نسبت به گندم گزارش شده است. (حسن زاده و همکاران Henson & Jordan, 1982; Araus & Tapia, ۱۳۸۱; 1987; Cudney et al., 1991; Cousense, 1994).

نتایج نشان داد که مدل Intercom پس از اصلاحات انجام شده، توانایی مطلوبی در شبیه‌سازی جذب و توزیع نور در کانوپی مخلوط گندم با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ دارد. آنالیز انجام شده توسط مدل نیز امکان تعیین حساسیت میزان نور جذب شده توسط گونه‌ها را به ورودی‌های مدل فراهم ساخت بنابراین مدل ارائه شده در این مقاله ابزار مناسبی جهت مطالعه مکانیزم رقابت برای نور و نیز طراحی تیپ ایده‌آل گندم جهت رقابت با علف‌های هرز خواهد بود.

References

- حسن زاده دلویی. م، م. نصیری محلاتی. ق. نورمحمدی. ۱۳۸۱. بررسی اثرات رقابتی یولاف وحشی (*Avena loduviciana* L) با گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.) در تراکم‌های مختلف. مجله علوم زراعی ایران. جلد چهارم، شماره ۲، ۱۳۸۱.
- حسین نیا، ع. ۱۳۷۹. بررسی اثرات رقابت سه گونه علف هرز پهن برگ خانواده شب‌بو با گندم پائیزه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.
- Araus, J.L. and L.Tapia. 1987. Photosynthetic gas exchange characteristics of wheat flag leaf and sheaths during grain filling. *Plant Physiol* **85**: 667-673.
- Barnes, P.W, W. Beyschlag, R. Ryel, S.D. Flint and M.M.Caldwell. 1990. Plant competition for light analyzed with a multispecies canopy model. III. Influence of canopy structure in mixtures and monocultures of wheat

به منظور بررسی میزان حساسیت مدل نسبت به هر یک از پارامترهای مؤثر در آن، شاخص سطح برگ، ارتفاعی که در آن حداکثر تراکم سطح برگ قرار دارد (h_m) و ضریب خاموشی (K) هرگونه بین ۵ تا ۳۰ درصد تغییر داده شد و در هر حالت میزان جذب نور هر گونه توسط مدل تعیین گردید (جدول ۱). در حالت ۱ مقادیر پارامترها برای هر دو گونه یکسان و مقدار h_m نیز در نیمه کانوپی (توزیع سهمی) در نظر گرفته شد.

در این شرایط نور جذب شده توسط هر دو گونه مساوی بود، در بین پارامترهای مورد بررسی، تغییر ارتفاع بیشترین تأثیر را بر جذب نور داشت به طوری که ۳۰ درصد افزایش ارتفاع گندم (حالت ۷) جذب نور این گونه را به میزان ۱۸ درصد نسبت به حالت ۱ و ۱۷ درصد نسبت به علف هرز افزایش داد. در حالی که ۳۰ درصد افزایش شاخص سطح برگ (حالت ۴) و h_m (حالت ۱۰) و یا همین مقدار کاهش در ضریب خاموشی (حالت ۱۳) به ترتیب سبب ۱۳، ۸ و ۱۳ درصد افزایش در جذب نور نسبت به حالت یک و ۱۱، ۹ و ۱۲ درصد افزایش در جذب نور نسبت به علف هرز گردید. بنابراین هر گونه‌ای که ارتفاع بیشتر، سطح

- and wild oat. *Oecologia* **82**: 560-566.
- Berkowitz, A.R.1988. Competition for resource in weed crop mixtures. In “Weed management in agroecosystems: Ecological approaches” Altieri, M.A, M. Libman (eds.) .CRC Press Boca Raton F1.
- Beyschlag, W, P.W.Barnes, S.D.Flint and M.M.Caldwell.1988. Enhanced UV-B irradiation has no effect on photosynthetic characteristics of wheat and wild oat under greenhouse and field condition. *Photosynthetica* **22**: 516-525.
- Caldwell, M.M.1987. Plant architecture and resource competition in: Schulze E-D, H. Zwolfer, *Ecological studies* vol **61**: Springer Berlin Heidelberg. New York. pp. 166-179.
- Cousense, R.1985. An emperical model relating crop yield to weed and crop density and a statical comparison with other models. *J. of Agric. Sci.* **105**: 513-521.
- Cousense, R.1987. Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly* **2**(1), 13-20.
- Cousense, R, S.E.Weaver, T.D.Martin, A.M.Blair and J.Wilson.1991.Dynamics of competition between wild oats (*Avena fatua*) and winter cerials. *Weed Res.* **31**: 205-210.
- Cousense, R, G.Arms and R.Baweja.1994. Germination of *Rapistrum rugosum* L.All.From New South Wales, Australia. *Weed Res.* **34**: 127-135.
- Cudney, D.W, L.S. Jordan and A.E. Hall.1991. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestation on light interception and growth rate of wheat. *Weed Sci.* **39**: 175-179.
- Goudriaan, J. 1986. A simple and fast numerical method for the computation of daily totals of canopy photosynthesis. *Agric. Forest.Meteorol.* **43**: 251-255.
- Henson, J.F. and L.S. Jordan. 1982. Wild oat competition with wheat for nitrate. *Weed Sci.* **30**: 297-300.
- Hikosaka, K., S. Sudoh and T. Hirose.1999. Light acquisition and use of individuals competition in a dense stand of an annual herb, *Xanthium canadense*. *Oecologia* **118**: 388-396.
- Keating, B.A. and P.S.Carberry. 1983. Resource capture and use in intercropping: Solar radiation. *Field Crops Res.* **34**: 273-301.
- Kropff, M.J. 1988. Modelling the effect of weeds on crop production. *Weed Res.* **28**: 465-471.
- Kropff, M.J, S.E.Weaver and M.A. Smits. 1992. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: Relation amongst weed density, relative time of weed emergence, relative leaf area, and yield loss. *Weed Sci.* **40**: 296-301.
- Kropff, M.J., H.H.Van Laar and H.F.M. Berge (eds).1993. ORYZAI: A basic model for irrigated lowland rice production. International Rice Research Insritute, Los Banos, Philippines 89 pp.
- Kropff, M.J, H.H.Vanlaar and R.B. Mathewes.1994 (eds). ORYZAI, an eco-physiological model for irrigated rice production. *Proc. SARP Research* September, 1994, 110 pp.
- Lantinga, E.A, M. Nassiri and M.J. Kropff. 1999. Modelling and measuring vertical light absorption within grass-clover mixtures. *Agric. Fores. Meteorology.* **96**: 71-83.

- Monteith, J.L. 1969. Light interception and radiative exchange in crop stands. In: Eastin, J.D., F.A.Haskins, C.Y.Sullivan and C.H.M.Bavel. (eds) *Physiological Aspects of Crop Yield*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A., pp. 89-111.
- Nassiri, M and E.A.Elgersma.1996. Vertical distribution of leaf area, dry matter and radiation in grass-clover mixtures. In: Parente, G, Frame, J, Orsi, S. (eds). *Grassland and land use systems*. Proc.16th meeting of the European Grassland Federation, vol 1 pp. 269-274.
- Nassiri, M. and A.Elgersma.1998. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures. II. Leaf characteristics, light interception and dry matter production during regrowth. *Grass.Forage.Sci.* **53**:367-379.
- Pereira, A.R. and R.H. Shaw. 1980. A numerical experiment on the mean wind structure inside canopies of vegetation. *Agric. Meteorol* **22**: 3030-318.
- Sinoquet, H., M.Bruno, F. Gastal, R. Bonhomme. and C. Varlet-Grancher.1996. Modelling the radiative balance of the component of a well mixed canopy: application to a white clover-tall fescue mixture. *Acta Oecologia* **11**: 469-478.
- Spitters, C.J.T and R.Aerts.1983.Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. *Aspects of Applied Biology* **4**: 467-484.
- Spitters, C.J.T., H. Van Keulen and D.W.G. Van Kralingen.1989. A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Rabbinge, R., Ward, S.A. and Vanlarr, H.H. (eds) *Simulation and System Management in Crop Protection*. Simulation Monographs, Pudoc Wageningen, pp. 147-181.

**Modelling light interception and distribution in mixed canopies of wild oat
(*Avena ludoviciana*) and turnip weed (*Rapistrum rugosum*)
in competition with wheat**

**M. Hassan-Zadeh Delouie¹, M. Nassiri-Mahallati², G. Nour-Mohamadi³,
H. Rahimian-Mashadi⁴**

ABSTRACT

In order to simulate light intercepted by wheat and wild oat and turnip weed, two field experiments were conducted in agricultural research station of Mashhad University in 2000-2001. The experiments were carried out as factorial in a Randomized Complete Block design with four replications. In the first experiment, the factors included wheat densities at 3 levels (300, 450 & 600 p/m²) and wild oat densities at 5 levels (0, 20, 40, 80 & 160 p/m²). The factors of the second experiment consisted of the same wheat densities as the first one, and turnip weed densities at 5 levels (0, 4, 8, 16 & 32 p/m²). The INTERCOM model with triangular leaf area density function was used, instead of parabolic function. The results indicated that leaf area distribution around the canopy has a triangular function and the height of maximum leaf area density depends on the weed species, weed and wheat densities. Either weeds intercepted more radiation than wheat in the upper layer of canopy. Sensivity analysis of model showed that: height, leaf area index, height of maximum leaf area density and light extinction coefficient are important parameters in light interception by each species.

Key words: competition, wild oat, turnip weed, wheat, light, interception modelling

1- Assist. Prof., I.A. Univ. Gonabad, Iran.

2- Assoc. Prof., Ferdousi Univ. Mashad, Iran.

3- Prof., I.A. Univ. Sciences & Research Unit, Tehran, Iran.

4- Prof., Tehran Univ., Tehran, Iran.