

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی
پایان نامه کارشناسی ارشد
گروه زراعت

عنوان پایان نامه

ارزیابی روش های مختلف شبیه سازی سطح برگ گیاه موسیر

زهرا شبانی

اساتید راهنما

دکتر منوچهر قلی پور
دکتر محمد بنایان اول

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی
دکتر حمید عباسدخت

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن 91



پروین نصیرت تکمیل
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۳۳۹
تاریخ: ۱۳۸۸
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خانوادہ متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم زهرا شبانی رشته کشاورزی گرایش آگولوژی تحت عنوان: "ارزیابی روش‌های مختلف شبیه‌سازی سطح برگ گیاه موسیر" که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه): امتیاز (۱۸۷۲) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹-۱۸)

۳- خوب (۱۶-۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴-۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- اسانید راهنما	منوچهر قلی پور محمد پندتجان اول	دانشیار استادیار	
۲- اسانید مشاور	احمد غلامی حمید عباس دخت	دانشیار دانشیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	ناصر فرخی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	مهدی برادران	استادیار	
۵- استاد ممتحن	حسن مکاران	استادیار	

پس رئیس دانشکده:

تقدیم به:

همسر عزیز

و

پدر و مادر دلسوز و مهربانم

سپاسگزاری

سپاس و ستایش خداوندی را سزااست که همه چیز از اوست. خداوندی را که در لحظه لحظه زندگی هیچگاه تنهایی نگذاشته و اینک با فراهم نمودن فرصت مصاحبت با استادان فرهیخته و اندیشمند، سراسر وجودم را متنعم این فرصت طلایی ساخته است.

سپاس بیکران از اساتید راهنمای دلسوز و بزرگواریم، آقایان دکتر منوچهر قلی پور و دکتر بنایان اول و اساتید مشاور گرانقدر آقای دکتر غلامی و آقای دکتر عباسدخت و داوران ارجمند آقایان دکتر برادران و دکتر مکاریان جهت راهنمایی‌های ارزنده‌شان و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر فرخی که موجبات بهبود پایان‌نامه را فراهم نمودند.

از آقای مهندس حامد منصوری به خاطر کمک‌های صمیمانه و بی‌دریغشان و همچنین آقای مهندس احسان عیشی رضایی و خانم مهندس اعظم لشکری کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم. در پایان از کلیه اعضای خانواده‌ام خصوصاً همسر عزیز و پدر و مادر مهربانم و تنها برادرم مهندس مصطفی شبانی که در طول این مدت صبورانه یاریم نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

زهرا شبانی

بهمن 91

تعهد نامه

اینجانب زهرا شبانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی روش‌های مختلف شبیه‌سازی سطح برگ گیاه موسیر تحت راهنمایی آقای دکتر منوچهر قلی‌پور و آقای دکتر محمد بنایان اول متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع ای پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

اسفند 1387

چکیده

برگ‌ها اندام‌های اصلی فتوسنتزکننده هستند و تولید سطح برگ از عوامل مهم در جهت انتقال انرژی و فرآیند تجمع ماده خشک در گیاه زراعی می‌باشد. سطح برگ یکی از مهمترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و اکولوژیکی از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد و متغیری کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی است از این رو، شبیه‌سازی دقیق و صحیح تغییرات زمانی شاخص سطح برگ¹، اولین ضرورت در کلیه مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی است. نیتروژن و کربن نیز از جمله عناصری هستند که نقش بسزایی در رشد و نمو گیاهان دارند. بنابراین تعیین روابط دقیق و ساده‌ای که بتوانند سطح برگ گیاهان را مدل‌سازی کنند، در مدل‌سازی رشد گیاهان نقش بسزایی دارد. برای این منظور آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1389 بر روی گیاه دارویی موسیر انجام شد. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل نیتروژن (در چهار سطح 100، 200، 250، 300 کیلوگرم در هکتار) و وزن غده موسیر (10-20 گرم و 20-30 گرم) در 3 تکرار انجام گرفت. برای تخمین سطح برگ این گیاه ابعاد برگ (طول و عرض برگ)، وزن خشک بوته و برگ اندازه‌گیری و درجه حرارت جمعی لازم با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه شد. جهت بدست آوردن بهترین مدل برای تخمین سطح برگ گیاه موسیر، از روابط مختلفی شامل مدل حاصل از رابطه بین ابعاد برگ و سطح برگ، رابطه بین درجه روز رشد و تغییرات سطح برگ با استفاده از تابع بتا، مدل‌سازی سطح برگ با در نظر گرفتن اثر کربن روی سطح برگ و ایجاد رابطه سطح برگ با میزان نیتروژن ورودی استفاده گردید. بین تمام مدل‌های مورد ارزیابی در این آزمایش مدل $LA = 0.00005(W^2)^2 + 0.999(W^2)$ دقیق‌ترین تخمین $(R^2 = 1, MSD = 0/0)$ و مدل $LA = SLA \times LWR \times W$ کمترین دقت را در تخمین $(R^2 = 0/733, MSD = 92/742)$ سطح برگ موسیر داشتند. در این میان مدل پیش‌بینی‌کننده‌ی اثر نیتروژن روی سطح برگ دقت $(R^2 = 0/999, RMSE = \%4/49)$ بیشتری نسبت به مدل اثر کربن $(R^2 = 0/733, RMSE = \%39/44)$ داشت.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی سطح برگ، سطح ویژه برگ، نسبت وزن برگ، ابعاد برگ، درجه روز رشد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	فصل اول: مقدمه و کلیات
2	1-1- کلیاتی در مورد گیاه دارویی موسیر	-----
4	1-1-1- اهمیت موسیر	-----
5	2-1- ضرورت مدل سازی و استفاده از مدل	-----

فصل دوم: بررسی منابع

8	1-2- اهمیت گیاهان دارویی	-----
10	2-2- ضرورت مدل سازی شاخص سطح برگ	-----
11	3-2- روش های مدل سازی شاخص سطح برگ	-----
18	4-2- اثر عوامل محیطی بر گسترش سطح برگ	-----
21	5-2- اثر نیتروژن بر گسترش سطح برگ	-----
24	6-2- اهداف تحقیق	-----

فصل سوم: مواد و روش ها

26	1-3- مشخصات محل اجرای آزمایش	-----
26	2-3- ویژگی های آب و هوایی	-----
27	3-3- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش	-----
28	4-3- طرح آزمایش و عملیات زراعی	-----
28	1-4-3- نقشه کشت	-----
29	2-4-3- آماده سازی زمین و کوددهی	-----
29	3-4-3- کاشت غده گیاه موسیر	-----
30	5-3- عملیات داشت	-----
30	1-5-3- مبارزه با علف های هرز و دفع آفات	-----

30	-----	3-5-2- آبیاری
30	-----	3-6- نمونه برداری
31	-----	3-7- برآورد شاخص سطح برگ و ضریب تخصیص
32	-----	3-7-1- روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ
32	-----	3-7-2- روش‌های مبتنی بر اثر اقلیم
33	-----	3-7-3- روش‌های مبتنی بر کربن برگ
33	-----	3-7-4- روش‌های مبتنی بر نیتروژن برگ
34	-----	3-8- ارزیابی روش‌ها
37	-----	3-9- تجزیه و تحلیل اطلاعات

فصل چهارم: نتایج و بحث

39	-----	4-1- بررسی شاخص سطح برگ
41	-----	4-1- تسهیم بیوماس بین برگ و ساقه
51	-----	4-2- ارزیابی روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ
56	-----	4-3- ارزیابی روش مبتنی بر اثر اقلیم
58	-----	4-4- ارزیابی روش مبتنی بر کربن برگ
59	-----	4-5- ارزیابی روش مبتنی بر نیتروژن برگ
62	-----	4-6- نتیجه گیری
64	-----	4-7- منابع مورد استفاده

فهرست جداول

26	-----	3-1- جدول متوسط درجه حرارت در ماه‌های سال 88-1387 بر حسب درجه سانتی‌گراد
28	-----	3-2- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

جدول 4-1- ضریب تخصیص بیوماس تولیدی به ساقه و برگ و انحراف استاندارد آن برای سطوح تیمارهای مورد آزمایش

50-----

جدول 4-2- مدل ها و میزان R^2 ، MSD و RMSDr حاصل از رگرسیون گیری بین پارامترهای مختلف در برگ گیاه

61----- موسیر

فهرست اشکال

شکل 3-1- روند تغییرات طول روز در طی فصل آزمایش----- 27

شکل 3-2- روند تغییرات دمای حداکثر و حداقل در طی فصل آزمایش----- 27

شکل 3-3- نقشه کشت----- 28

شکل 4-1- روند تغییرات سطح برگ گیاه موسیر در طول فصل رشد----- 39

شکل 4-2- رابطه سطح برگ با مجموع درجه روزهای رشد تجمعی (GDD)----- 41

شکل 4-3- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در

42----- هکتار نیتروژن

شکل 4-4- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در

42----- هکتار نیتروژن

شکل 4-5- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در

43----- هکتار نیتروژن

شکل 4-6- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در

43----- هکتار نیتروژن

شکل 4-7- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در

44----- هکتار نیتروژن

شکل 4-8- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در

44----- هکتار نیتروژن

- شکل 4-9- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 45
- شکل 4-10- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 45
- شکل 4-11- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 46
- شکل 4-12- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 46
- شکل 4-13- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 47
- شکل 4-14- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 47
- شکل 4-15- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 48
- شکل 4-16- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 48
- شکل 4-17- رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 49
- شکل 4-18- رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن ----- 49
- شکل 4-19- ضریب اختصاص بیوماس به برگ (پر برگی) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش ----- 50
- شکل 4-20- رابطه ضریب اختصاص یافته به برگ با تولید ماده خشک در گیاه (بیوماس کل) ----- 51

شکل 4-21- همبستگی بین سطح برگ با توان دوم عرض برگ در برگ‌های منفرد موسیر (رگرسیون مورد استفاده از نوع چندجمله ای می باشد) ----- 53

شکل 4-22- همبستگی بین سطح برگ با طول برگ \times عرض برگ در برگ‌های منفرد موسیر (رگرسیون مورد استفاده از نوع چندجمله ای می باشد) ----- 53

شکل 4-23- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 1 (مندرج در جدول 4-2) --- 54

شکل 4-24- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 2 (مندرج در جدول 4-2) --- 54

شکل 4-25- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 12 (مندرج در جدول 4-2) -- 55

شکل 4-26- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 3 (مندرج در جدول 4-2) --- 56

شکل 4-27- رابطه بین سطح برگ با مجموع درجه روزهای رشد تجمعی (GDD) با استفاده از تابع بتا----- 57

شکل 4-28- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 11 (مندرج در جدول 4-2) --- 58

شکل 4-29- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 14 و 15 (مندرج در جدول 4-2) 59

شکل 4-30- روابط بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل شماره 4 (مندرج در جدول 4-2) --- 60

فصل یک

مقدمه و کلیات

1-1- کلیاتی در مورد گیاه دارویی موسیر

جنس آلیوم¹ شامل بیش از 700 گونه می‌باشد که از تعداد زیادی گیاهان چندساله با اندام‌های ذخیره‌ای زیرزمینی تشکیل شده‌است. یکی از مراکز اصلی تکامل جنس آلیوم در منطقه ایران و تورانی می‌باشد (هنلت و همکاران، 1992).

موسیر با نام علمی *Allium hirtifolium* Bio. که در زبان انگلیسی به آن shallot گویند، یکی از مهم‌ترین گونه‌های دارویی و صنعتی از خانواده آلیاسه² در ایران می‌باشد که بصورت خودرو و طبیعی در مناطق مرتفع با اقلیم خیلی سرد تا نیمه سرد از جمله خراسان، لرستان و دیگر مناطق کشور با ارتفاع بیش از 1000 متر از سطح دریا و در شیب‌های مختلف رشد می‌کنند (خیرخواه و دادخواه، 1388 و کامنتسکای، 1996).

این گیاه شبیه گیاه سیر بوده و دارای یک ساقه گل‌دهنده عمودی، توپر و بدون برگ بطول 80 تا 120 سانتی‌متر است. در قسمت تحتانی ساقه برگ‌های سبز خطی و نوک تیز با 20-30 سانتی‌متر طول که در قسمت پایین ناودانی و گود شکل، دارای پرز سفید رنگ و کرک‌های نرم و نازک می‌باشد. هر بوته موسیر 6 تا 8 برگ دارد که دو به دو یکدیگر و ساقه را در آغوش گرفته‌اند. گل‌آذین آن کروی به رنگ صورتی کم‌رنگ تا صورتی متمایل به بنفش، مجتمع در چترهای پرگل محدب و چمچمه دارای کفه‌های متعدد کوتاه‌تر از چتر بوده و دمگل 6 بار بلندتر از گل، گلپوش دارای تقسیمات خطی نرم و سست و تا شده و میله پرچم‌ها کوتاه‌تر از گلپوش در پایین و عریض، دارای شش گلبرگ بوده و یک خوشه بین 199 تا 388 عدد گل دارد. دارای تخمدان سه خانه‌ای و میوه آن شبیه اسفند که با دمگل‌ها به مرکز گل‌آذین متصل‌اند و دارای بذره‌های سیاه‌رنگی بوده که شبیه به پیازهای کوچکی است و وزن هزار دانه آن 108/68 گرم و قدرت جوانه‌زنی خوبی دارد. موسیر دارای غده است که کلیه قسمت‌های غده در قسمت

¹ - Allium

² - Alliaceae

تحتانی به ریشه متصل‌اند و در سال‌های اولیه کشت ریشه نازک و دراز اما ریشه‌های کشت‌های سه‌ساله به بالا بصورت افشان نمایانند و از نظر شکل شبیه به ریشه پیازند (قهرمان، 1984).

گیاه موسیر به‌صورت بذر و غده تکثیر می‌گردد و از آنجا که اندام هوایی آن از ابتدا جوانه زدن تا پایان دوره رشد و نمو به صورت تر و خشک مورد چرای دام قرار می‌گیرد. علیرغم بهره‌برداری بی‌رویه از غده و همچنین نحوه تکثیر توانسته است براساس فعالیت‌های بافت‌های مریستمی که در کناره‌های برگ قرار دارند بقا خود را در مراتع حفظ نمایند (اسدیان و همکاران، 1379).

اسدیان و همکاران (1379) طی مطالعه‌ای گزارش نمودند که موسیر با توجه به طیف وسیعی که در سطح کشور از نظر آب و هوایی پراکنش دارد معمولاً در تمامی آب و هوا مشاهده می‌شود اما از نظر سازگاری، استقرار، پایداری و تراکم عمدتاً در مناطق سردسیر پراکنش و انتشار مطلوبی دارد و نسبت به سرما از مقاومت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است و معمولاً این گیاه در اقلیم‌های نیمه‌خشک سرد تا مرطوب می‌تواند رشد نماید. همچنین گیاهی است مقاوم به سرما و برای ادامه حیات بایستی یک دوره زمستان‌گذرانی را سپری نماید.

با بررسی‌های که در زمینه مطالعه خاک رویشگاه‌ها انجام گرفت گیاه موسیر عمدتاً در خاک‌ها با تکامل پروفیلی و هم بدون تکامل پروفیلی (خاک‌های جوان) رشد نموده و در خاک‌های نیمه‌سنگین و سنگین استقرار مطلوبی داشته و خاک‌های قلیای را بیشتر می‌پسندد.

با مطالعاتی که انجام شد مشخص گردید گیاه موسیر نیاز آبی نسبتاً بالایی دارد و به همین منظور رویشگاه این گیاه تحت تاثیر رطوبت موجود در خاک قرار می‌گیرد و این گیاه را می‌توان در اکثر تیپ‌های مرتعی و مناطقی که در نقاط نسبتاً مرطوب و همچنین نقاطی که دارای خاک با ظرفیت نگهداری آب بالاتری می‌باشند. معمولاً در دامنه‌ها، کف دره‌ها و شیب‌های ملایم از تراکم و پراکنش گسترده‌ای برخوردار بوده اما در شیب‌های تند تراکم کمتری را دارند (اسدیان و همکاران، 1379).

1-1-1- اهمیت موسیر

پیرامون اهمیت و ارزش موسیر از نقطه نظر اقتصادی، دارویی و خوراکی در منابع مختلف آمده است. در حدود 40 گونه از این گیاه شناخته شده که برخی از آن‌ها را در باغ به عنوان گل زینتی نیز می‌کارند. پیاز و برگ‌های موسیر در صنایع غذایی به عنوان ترشیجات و تهیه ماست موسیر در کارخانجات لبنی کاربرد دارد (امین و همکاران، 1380) و همچنین به عنوان عطر و طعم‌دهنده مورد استفاده صنایع دارویی قرار می‌گیرد (امین و همکاران، 1380 و بلاک و همکاران، 2001). پیاز موسیر دارای طبیعت گرم و خشک بوده و دافع سنگ کلیه و مثانه می‌باشد. کم‌کننده رطوبت دستگاه گوارش و مفاصل بدن است و ضمناً گیاهیست ضد عفونی‌کننده و افرادی که برای آشامیدن، آب تصفیه در اختیار ندارند بهتر است با توجه به مزاج خود و فصول سال و شرایط دیگر گهگاهی همراه با غذا مقداری موسیر میل نمایند تا از ابتلا به بعضی از بیماری‌هایی که بوسیله آب منتقل می‌شوند در امان باشند. موسیر برای بیشتر امراض عصبی مفید بوده و تقویت‌کننده طحال و دفع‌کننده انگل‌ها نیز می‌باشد و اشتها آور و برای افرادی که دچار بی‌خوابی هستند مفید بوده و فشار خون را پایین آورده و پادزهر خوبی برای سموم می‌باشد.

موسیر از جمله گیاهان دارویی است که در کشور ما از رویشگاه‌های طبیعی استحصال می‌شود (اسدیان و همکاران، 1379؛ خیرخواه و دادخواه، 1388). این گیاه در ایران از لحاظ بهره‌برداری از منابع طبیعی به دلیل شرایط ویژه زیستگاه و زادآوری، جزء گیاهان غیرمجاز برای بهره‌برداری محسوب می‌شود. با توجه به اینکه تمامی نیاز به این گیاه با ارزش دارویی و صنعتی هنوز هم در طبیعت تأمین می‌شود لذا افزایش تقاضا برای این گونه می‌تواند سبب تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه از آن در طبیعت گردد (باریل و همکاران، 2005). به دلیل جواب‌گو نبودن رویشگاه‌های طبیعی به نیاز صنایع غذایی و دارویی، و احتمال نابودی آن بر اثر استفاده بی‌رویه از طبیعت انجام تحقیقات در زمینه زراعی کردن و همچنین کاشت و تولید انبوه این گیاه با ارزش دارویی و صنعتی ضرورت دارد.

1-2- ضرورت مدل سازی و استفاده از مدل

عملیات کشاورزی برپایه‌ی دانش و تجربیات سنتی استوار است و وظیفه تحقیقات کشاورزی، ارتقا دانش فنی و فراهم ساختن مبنایی علمی برای تولید محصولات زراعی است. با توسعه‌ی علم، تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مشاهدات آزمایشی به تدریج از حالت کیفی به کمی تغییر یافت و ریاضیات به عنوان ابزاری برای توصیف فرضیات بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفت (براون و روتری، 1994). به این ترتیب، توانایی ساخت مدل‌ها توسعه یافت و امکان طراحی رهیافتی کمی و سیستمیک در حل مشکلات نظام‌های تولید فراهم گردید (کوچکی و خواجه حسینی، 1387).

مدل سازی در مقایسه با سایر شاخه‌های علوم کشاورزی قدمت زیادی ندارد و مطالعات مربوط به آن از دهه‌ی 70 میلادی آغاز شده است. البته پیشرفت‌های چشمگیر علوم کشاورزی و گسترش سریع تکنولوژی اطلاعات باعث شد تا در طی 30 سال گذشته تعداد قابل توجهی از مدل‌های کشاورزی طراحی و تکامل یابند (کوچکی و خواجه حسینی، 1387).

انتخاب اصلی‌ترین عناصر یک سیستم و توصیف روابط بین این عناصر در قالب مجموعه‌ای از معادلات ریاضی، مدل سازی¹ نامیده می‌شود. چنانچه مدل سازی به درستی انجام شود (انتخاب صحیح عناصر و توصیف دقیق روابط بین آن‌ها) مدل قادر خواهد بود با ورودی‌های مشابه سیستم واقعی، خروجی‌هایی قابل مقایسه با آن را تولید کند (کوچکی و خواجه حسینی، 1387).

مدل‌ها قادرند بخوبی نشان دهند که آیا یک مدیریت خاص موجب افزایش عملکرد می‌شود یا خیر (جی خودریان و همکاران، 1381). مدل‌های گیاهی ابزار مفیدی برای افزایش فهم درباره چگونگی عمل کردن سیستم گیاهی هستند (سینکلر و سیلمن، 2000). هدف اصلی بیشتر مدل‌های گیاهی پیش‌بینی عملکرد است اگر چه از آن‌ها برای برآورد فرآیندهای دیگر مانند نمو، رشد و مصرف آب نیز استفاده

¹ - Simulation

می‌شود. بسیاری از مدل‌های پیش‌بینی عملکرد دانه، تعداد دانه در واحد سطح، سرعت و طول دوره پر شدن دانه را نیز برآورد می‌کنند (ریتچی و همکاران، 1998).

مدل‌ها محدودیت‌های جغرافیایی و محیطی را کاهش داده و در مورد گیاهان زراعی برای ارقام مختلف قابل تعمیم می‌باشند. علاوه بر این، با استفاده از مدل‌ها می‌توان در پیش‌گویی معرفی گیاهان جدید در منطقه اقدام کرد (کریمی، 1388).

گاهی اوقات می‌توان شبیه‌سازی را جایگزین آزمایشات مزرعه‌ای کرد و بدین ترتیب دورنمای نتایج آزمایشی مزرعه‌ای را وسیع‌تر و عمیق‌تر ساخت (کوچکی و بنیان، 1375). از مدل‌ها می‌توان در بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی، برای پیش‌بینی تاریخ‌های احتمالی برداشت یا پیش‌بینی عملکرد نهایی، یا به صورت فعال‌تر، برای پیش‌بینی مطمئن زمان وقوع حوادث فنولوژیکی استفاده نمود. در نتیجه کود، تنظیم‌کننده‌های رشد، نیتروژن، علف‌کش‌ها و کنترل بیماری‌ها در مناسب‌ترین زمان به کار گرفته می‌شوند. تعیین پتانسیل عملکرد منطقه‌ای، کمک به مدیریت آبیاری و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم از کاربردهای دیگر مدل‌سازی می‌باشد (پری و همکاران، 1987؛ امام و نیک‌نژاد، 1373؛ کوچکی و بنیان، 1375).

مدل‌سازی شاخه‌ای بین رشته‌ای از علوم کشاورزی است که روابط متقابل پیچیده‌ی بین گیاهان و عوامل زنده و غیرزنده‌ی پیرامون آن‌ها را به صورت کمی توصیف و پیش‌بینی می‌کند. باید توجه داشت که تغییرات مکانی و زمانی اقلیم و خصوصیات خاک، تنوع ژنتیکی گیاهان زراعی و روش‌های مختلف مدیریت، پیچیدگی سیستم‌های تولید محصولات زراعی را دو چندان کرده و اهمیت مدل‌سازی چنین سیستم‌هایی را بارزتر می‌سازد.

فصل دوم

بررسی منابع

2-1 اهمیت گیاهان دارویی

انسان در طول تاریخ وابسته به گیاهان دارویی بوده و در عصر حاضر نیز علیرغم پیشرفت‌های وسیع و فراگیر علمی و صنعتی تمایل انسان برای استفاده از این گیاهان نه تنها کاهش نیافته بلکه در مواردی نیز افزایش نشان می‌دهد (امید بیگی، 1374).

توجه روزافزون بشر در ده‌های اخیر به استفاده از گیاهان دارویی در درمان بیماری‌ها به دلیل عوارض کمتر آن‌ها نسبت به داروهای شیمیایی سبب گردیده که بسیاری از دولت‌ها علاوه بر توجه و شناخت هر چه بیشتر گیاهان دارویی سرزمین خود سعی و تلاش در شناخت و بکارگیری گیاهان دارویی بومی دیگر ممالک نمایند (کوره‌پز محمودآبادی و عزیزی، 1384).

در حال حاضر به دلیل اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف داروهای با منشا گیاهی از گسترش روزافزونی برخوردار است به طوری که طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO¹)، 80 درصد مردم در کشورهای جهان سوم جهت درمان از داروهای گیاهی استفاده می‌کنند. بعلاوه حجم زیادی از واردات کشورهای اروپایی به گیاهان دارویی اختصاص یافته‌است (امیدبیگی، 1374).

روند رو به افزایش مصرف گیاهان دارویی بدون توسعه روش‌های مناسب کشت و مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح نتیجه‌ای جز تخریب طبیعت را در پی نخواهد داشت. به منظور پاسخگویی به نیاز عموم مردم و صنایع وابسته به این محصولات، لازم است تولید و کشت گیاهان دارویی در سطوح زراعی صورت پذیرد و جهت دستیابی به نتایج مطلوب‌تر از طبیعت به عنوان الگو و مدل جهت تولید انبوه این گونه‌های با ارزش استفاده شود. پژوهش‌ها نشان داده‌است گیاهانی که در شرایط خارج از محیط طبیعی کشت می‌شوند، تا اندازه‌ای با گونه‌های وحشی متفاوت بوده، اما اگر در این کشت و تکثیر از بذره‌های مرغوب استفاده شده و شرایط خاک و آب و هوایی منطقه کشت مناسب باشد، این گیاهان از نظر خواص به اندازه گیاهان وحشی

¹ - Word Health Organization

مؤثر هستند (توکلی صابری و صداقت، 1379). در کشت و تکثیر گیاهان دارویی عوامل مختلفی از جمله فاصله کشت، زمان کشت، میزان آبیاری، خاک و... بر رشد و نمو و ماده موثره تاثیر دارد.

سرزمین پهناور ایران به دلیل دارا بودن اقلیم‌های گوناگون و با اختلاف درجه حرارتی بیش از 50 درجه سانتیگراد و دارا بودن اراضی ساحلی، کوهستانی و کویری (جوادزاده، 1376) مستعد کشت و تولید بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی است.

کشور ما دارای منابع غنی گیاهان دارویی بوده و از لحاظ آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و زمینه رشد این گیاهان یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌گردد. اما متأسفانه علی‌رغم دارا بودن این پتانسیل‌های بهره‌برداری و استفاده از این گیاهان به صورت خودرو و زراعی به‌نحوی که در دیگر کشورها معمول است هنوز در ایران که تاریخچه چشمگیری در این زمینه دارد مورد توجه قرار نگرفته‌است (صمصام شریعت، 1374).

موسیر گیاهی چندساله از تیره‌ی آلیاسه و از جنس آلیوم دارای غده زیرزمینی و از محصولات فرعی مراتع می‌باشد که در رویشگاه‌های مرتع و طبیعی رشد می‌کند. این گیاه بومی ایران - توران می‌باشد و بطور سنتی به عنوان ادویه، چاشنی غذایی در بین اقوام مصرف می‌شود و در گروه‌های طب سنتی به‌عنوان یک گیاه دارویی شناخته شده است. با توجه به مصارف بالای گیاه موسیر در کشور و احتمال نابودی آن بر اثر استفاده‌ی بی‌رویه از رویشگاه‌های طبیعی گیاه، انجام تحقیقات در زمینه فرآیند اهلی‌سازی و تولید انبوه این گیاه با ارزش برای جلوگیری از فرسایش ژنتیکی ضرورت دارد (حسام عارفی، 1390).

2-2- ضرورت مدل‌سازی شاخص سطح برگ

برگ‌ها اندام‌های اصلی فتوسنتزند و محاسبه PAR جذب‌شده، عمدتاً براساس سطح آن‌ها انجام می‌شود. بنابراین، شبیه‌سازی دقیق و صحیح تغییرات زمانی LAI، اولین ضرورت در کلیه مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی است (نصیری محلاتی، 1379).

کمی‌سازی مناسب شاخص سطح برگ (LAI)، برای پیش‌بینی دقیق بهره‌وری فتوسنتزی مدل‌های رشد محصول مهم است. تولید سطح برگ از عوامل مهم در جهت انتقال انرژی و فرآیند تجمع ماده خشک در سایه‌انداز گیاه زراعی می‌باشد. همچنین تجزیه و تحلیل ساختار سایه‌انداز جهت تعیین میزان شاخص سطح برگ اهمیت زیادی جهت دریافت نور، کارایی استفاده از نور، رشد گیاه و همچنین سایر عوامل دارد (گوهری و روحی، 1994).

سطح برگ یک متغیر کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی شامل رشد گیاه، جذب نور، کارایی فتوسنتزی، تبخیر و تعرق و همچنین پاسخ گیاه به کودها و آبیاری است (بلانکو و فلگاتی، 2005). پیش‌بینی سطح برگ جزء اجزای مهم تحلیل رشد گیاه و مطالعه تبخیر و تعرق می‌باشد. سطح برگ برای دریافت نور توسط گیاه زراعی مهم بوده، بنابراین دارای اثرات مهمی بر رشد، تعرق و میزان رشد می‌باشد (ایلکایی و همکاران، 1389).

سطح برگ به شدت بر رشد محصول و جذب تشعشع در طول فصل رشد تاثیر می‌گذارد و یک جزء اساسی شبیه‌سازی رشد گیاه است (لیزاسو و همکاران، 2003). شاخص سطح برگ پوشش گیاهی متغیری مهم در مدل‌سازی برای پیش‌بینی رشد محصول و عملکرد، میزان رقابت محصول - علف‌هرز، یا مدل‌سازی گرما، انرژی و تبادل آب در زنجیره گیاه - خاک - اتمسفر است (یین و همکاران، 2003).

شاخص سطح برگ، یک داده‌ی کلیدی در تجزیه و تحلیل رشد محصول و بهره‌وری، استفاده از آب، و مدیریت علف‌های هرز و دیگر آفات می‌باشد. اندازه‌گیری مستقیم شاخص سطح برگ، زمان‌بر، کند و

غیرقابل کنترل است و اگر نمونه‌های گیاهی نیز مناسب انتخاب نشود می‌تواند بسیار متغیر و بی‌دقت باشد (توولدو همکاران، 2005).

اندازه‌گیری سطح برگ در محصولاتی مانند پنبه بدلیل تنوع بالا در تعداد، اندازه و شکل برگ با انواع گوناگون سطح برگ‌سنج دشوار، کاربر و پر هزینه است (ردی و همکاران، 1989). از طرفی، وسایل اندازه‌گیری بسیار گران‌قیمت هستند و اغلب در کشورهای در حال توسعه و ایستگاه‌های تحقیقاتی دوردست، در دسترس نیست. هنگامی که نیز دردسترسند، این ابزارها مستعد بروز خطاهای بزرگ ناشی از استفاده نادرست هستند که ممکن است منجر به نتایج ناقص شود (داتری و هولینگر، 1984؛ د جوسوس و همکاران، 2001). این مشکلات توسط بسیاری از محققان مورد توجه قرار گرفته‌است، از این رو روش‌های ارزان‌تر و یا جایگزین و غیرمستقیم را توسعه داده‌اند (مانند جانسون، 1967؛ وندت، 1967؛ ما و همکاران، 1992).

روش‌های غیرمستقیم مبتنی بر این فرض هستند که وزن و اندازه ابعاد اجزاء مختلف گیاه در قالب آلومتری گیاه قابل بررسی هستند (گاردنر و همکاران، 1985). این روش‌های غیرمستقیم می‌تواند دقت تعیین سطح برگ را جایی که نمونه‌گیری یا اندازه‌گیری برگ جهت بکارگیری دشوار است، افزایش دهد (ما و همکاران، 1992) و همچنین می‌تواند به طور کلی تلاش نمونه‌برداری لازم جهت برآورد سطح برگ را کاهش دهد (لیت و همکاران، 1986).

2-3 روش‌های مدل‌سازی شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ در بسیاری از مطالعات مختلف اندازه‌گیری شده‌است و اندازه‌گیری دقیق آن برای درک واکنش محصول به تیمارهای آزمایشگاهی لازم است (اکرم قادری و سلطانی، ۲۰۰۷).

اندازه‌گیری سطح برگ به دو روش تخریبی و غیرتخریبی تقسیم می‌شود. معمولاً در روش تخریبی از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ استفاده می‌شود (آریاس و همکاران، 1989؛ نکدت و همکاران، 2005). این دستگاه بسیار گران بوده و همچنین حساس به کالیبراسیون می‌باشد. برخی محققین نشان دادند که تعیین مدل ریاضی در میان برخی پارامترهای اندازه‌گیری برگ ممکن است به کاهش مصرف وقت و سهولت کار کمک نماید. از این رو نیاز به توسعه تکنیک‌های ارزانتر اقتصادی اما بی‌عیب برای اندازه‌گیری سطح برگ نیاز می‌باشد (کروا و فریس، 1997؛ نکدت و همکاران، 2005).

تعیین سطح برگ بوسیله روش‌های مستقیم و غیرمستقیم مختلفی امکان‌پذیر است (کاندیانان و همکاران، 2009). روش‌های مستقیمی که برای اندازه‌گیری این پارامتر به کار می‌رود شامل استفاده از انواع مختلفی از پلانی‌مترهای لیزری¹، روش‌های اسکنری (کالداس و همکاران، 1992)، گراوی متری (راس و همکاران، 2000)، و یا یک دوربین ثابت و نرم‌افزار آنالیز تصویری (گرانیر و همکاران، 2002) است که در کنار مزایای آن‌ها معایبی نیز وجود دارد. برای مثال اندازه‌گیری سطح برگ کل و یا بخشی از گیاه با روش‌های مستقیم، زمان و کار زیادی می‌برد (کلاین لروی و همکاران، 2007). علاوه بر این روش‌هایی مثل کپی‌برداری²، چاپ کردن اوزالیدی³، عکس‌برداری یا استفاده از یک پلانی‌متر متداول که اندازه‌گیری را تسهیل می‌کند به مقدار زیادی از سطح برگ گیاه نیاز دارد و کانوپی گیاه نیز ممکن است آسیب ببیند (کریستفوری و همکاران، 2007). سطح برگ به صورت سریع و غیرتخریبی با استفاده از یک پلانی‌متر اسکن‌کننده دستی نیز قابل اندازه‌گیری است (داتری، ۱۹۹۰) اما این روش نیز برای گیاهان کوچک با برگ‌های کم مناسب است (نیاکوند و همکاران، 1997).

¹ - Area meter
² - Tracing
³ - Blueprinting

اندازه‌گیری مستقیم سطح برگ معمولا وقت‌گیر بوده و نیاز به کار زیاد دارد و این عمل معمولا باعث آسیب به پوشش گیاهی می‌شود اما سطح برگ را می‌توان غیرتخریبی و با استفاده از فرمول‌های ریاضی برآورد نمود که تنها نیاز به اندازه‌گیری ساده از پهنک برگ است (مختارپور و همکاران، 2010).

روش‌های متعددی برای پیش‌بینی سطح برگ سبز استفاده شده‌است. اوایل سعی بر توصیف افزایش سطح برگ گیاه ذرت از سبز شدن تا ظهور ابریشم‌ها¹ با استفاده از تابع گمپرتز² یا تابع لجستیک بود (بیکر و همکاران، 1975). اخیرا، تجزیه و تحلیل رگرسیون برای متناسب نمودن³ چند جمله‌ای‌ها (هانت و پارسونز، 1974) و یا تابع ناپیوسته (دیل و همکاران، 1980) برای توصیف سطح برگ تمام فصل در مقیاس‌های زمانی روزانه و یا حرارتی مورد استفاده قرار گرفت.

مدل‌های شبیه‌سازی مانند APSIM-Mazie (کاربری و همکاران، 1989؛ بیرچ و همکاران، 1998) و CERES-Mazie (جونز و کینیری، 1986) مجموعه‌ای از معادلات ناپیوسته برای پیش‌بینی سطح برگ پوشش گیاهی استفاده می‌نماید. بقیه روش‌ها سطح برگ را از بیوماس تسهیم شده به برگ‌ها، با استفاده از مفهوم سطح برگ ویژه، پیش‌بینی می‌نمایند (پنینگ د وریس و همکاران، 1989). اخیرا، روش‌های شبیه‌سازی فرآیندهای گسترش برگ (ارکبائر و همکاران، 1995) و یا پیری برگ به طور جداگانه (استوارت و دویر، 1994؛ بیرچ و همکاران، 1998؛ بین و همکاران، 2000) و در برخی موارد بدون در نظر گرفتن پیری برگ به طور جداگانه توسعه یافته‌اند (ارکبائر و همکاران، 1995؛ استوارت و دویر، 1994).

مدل‌های اولیه (مثل پنینگ د وریس و همکاران، 1989) شاخص سطح برگ را از زیست توده برگ با استفاده از پارامتر سطح برگ ویژه پیش‌بینی می‌نمودند، با فرض اینکه سطح برگ تنها به وسیله جذب یا تامین کربن محدود شده‌است (بین و همکاران، 2000). اخیرا، سطح برگ را با تغییر، از درجه حرارت به محدودیت کربن توضیح داده شد: افزایش روزانه شاخص سطح برگ، ابتدا به عنوان تابعی از دما به میزان

¹ - silking

² - Gompertz

³ - Fit

شاخص سطح برگ ویژه و سپس متناسب با افزایش زیست توده برگ محاسبه شده است (گودریان و ون لار، 1994). ون دلدن و همکاران (2001) شیوه این دو فاز را ارزیابی نمودند و متوجه شدند که شاخص سطح برگ مزرعه‌ای مشاهده شده را بهتر از زمانی که صرفاً بر اساس منبع کربن و دما باشد، شرح می‌دهد. با این حال، در این روش فرض بر این است که زمانی که پوشش گیاهی در محیط آزاد است، درجه حرارت تعیین‌کننده‌ی شدید شاخص سطح برگ می‌باشد و تاثیر هرگونه عواملی از قبیل نیتروژن، تابش و CO₂ را نادیده می‌گیرد.

یکی از روش‌های ساده‌تر و ارزان‌تر برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، اندازه‌گیری است که متکی بر سطح ویژه برگ (SLA) می‌باشد (توولد و همکاران، 2005). برآورد سطح برگ براساس وزن خشک برگ شبیه‌سازی شده و سطح ویژه برگ (SLA، نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ) روشی انعطاف‌پذیر است که برای چندین محصول مثل: کاهو (ون هنتن، 1994)، گوجه فرنگی (هیوولینک، 1999) و رز (لیت و پاسیان، 1991) استفاده شده است. در پنبه، رودس و بلادوورس (1964) و جانسون (1967) سطح ویژه برگ را به منظور برآورد سطح برگ استفاده نمودند. ردی و همکاران (1989) اظهار داشتند که دقت این روش بستگی به دقت تعیین SLA دارد.

SLA به درجه حرارت (اکک و همکاران، 1979)، تابش خورشیدی (ردی و همکاران، 1989) و غلظت دی‌اکسیدکربن (لیت و همکاران، 1986) وابستگی دارد. تحت شرایطی که نسبت بین رشد زیست توده‌ها (w) و سطح برگ (L) ثابت باشد، نسبت وزن برگ ($LWR, P_{l,averaged}$) و سطح ویژه برگ (s) برای نمو (پویا) و مقادیر مجموع (استاتیک)، یکسان هستند. در این حالت سطح برگ را می‌توان از طریق معادله‌ی زیر تخمین زد:

$$L = s \cdot P_{l,averaged} \cdot W \quad \text{معادله (1-2)}$$

این معادله در برگ‌گیرنده اجزای تجزیه و تحلیل رشد ($LAI = SLA \times LWR \times W$) می‌باشد.

طبق مطالعات صورت پذیرفته یکی از روش‌های محاسبه شاخص سطح برگ، روش توده‌ایست که سطح ویژه برگ معمولا براساس اندازه‌گیری توده‌ای سطح برگ‌ها و وزن سطح کل برگ‌های نمونه‌گیری شده، محاسبه می‌شود:

$$LAI = WLV \times SLA \quad \text{معادله (2-2)}$$

که WLV بیوماس برگ ($g \cdot m^{-2}$) است و از مزیت‌های این روش می‌توان به سادگی آن و نیاز کمتر به داده و همینطور دقت خوب آن اشاره نمود (نصیری، 1379).

پاتدار و پاوار (1991) برآورد غیرتخریبی سطح برگ در موز (*Musa acuminata Colla.*) را ارزیابی نمودند و رابطه بسیار قوی بین سطح برگ و ترکیب‌های مختلف طول برگ (L) و عرض برگ (W) را نشان دادند. سردار و دمیرسوی (2006) یک معادله ریاضی برای برآورد سطح برگ در شاه بلوط (گونه *Castanea*) با اندازه‌گیری طول و عرض برگ و محاسبه ترکیب مختلف آن‌ها، بسط دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که رابطه بسیار قوی ($R^2=0/99$) بین سطح برگ برآورد شده و سطح برگ واقعی وجود دارد. مونتگمری (1911) اولین بار پیشنهاد کرد که می‌توان سطح برگ‌های منفرد را با ابعاد خطی آن‌ها مثل طول برگ (L) و عرض برگ (W) تخمین زد. این مدل‌های غیرتخریبی تاکنون برای تعیین سطح برگ گونه‌های مختلفی مثل تربچه (سالرنو و همکاران، 2005)، توت‌فرنگی (دمیرسوی و همکاران، 2005)، کدوسبز (رافائل و همکاران، 2006)، کیوی (مندزا د گیوس و همکاران، 2007)، شاه بلوط (سردار و دمیرسوی، 2005) و فندق (کریستفری و همکاران، 2007) ساخته شده‌اند.

طبق گزارشات گوهری و روحی (1994) در گیاه چغندر قند، جهت ساخت مدل سطح برگ از پارامترهایی چون طول (L) و عرض (W) برگ استفاده شده که مدل زیر به عنوان بهترین مدل برای محاسبه مساحت سطح برگ، با عرض کمتر از 16 سانتیمتر بدست آمد.

$$Y = -201.2558 + 12.409 L + 13.359 W \quad \text{معادله (3-2)}$$

کریمیان فریمان و همکاران (1391) مطالعه‌ای جهت مدل‌سازی سطح برگ گیاه دارویی بادرشبی انجام دادند که بین متغیر وابسته سطح برگ (LA) با متغیرهای مستقل مختلف شامل وزن تر (FW)، وزن خشک (DW)، طول (L) و عرض (W) و مقادیر حاصل از روابط آن‌ها شامل L^2 ، W^2 ، $L \times W$ ، $L+W$ ، L^2+W^2 ، $L^2 \times W^2$ ، انواع رگرسیون‌های خطی (Linear)، چندجمله‌ای (Polynomial)، تصاعدی (Exponential)، لگاریتمی (Logaritmic) و توانی (Power) گرفتند. با این کار روابط بین سطح هر برگ با ابعاد خطی و وزن تر و خشک برگ آزمایش شد و در هر نوع رگرسیون معادله یا معادلاتی که دارای ضریب همبستگی بالا (R^2) بودند، انتخاب نمودند تا معادلات مناسب برای کاربرد مدل‌ها جهت تخمین و پیش‌بینی سطح برگ گیاه بادرشبی تعیین شود.

سطح برگ بالقوه گیاه را می‌توان از حاصلضرب ظهور و پیری برگ و حداکثر اندازه برگ براساس معادلات و پیش‌بینی پارامترها، برآورد نمود. با این حال، برخی از محققان روابط آلومتری بین سطح برگ گیاه و تعداد برگ ساقه اصلی (HS) و تعداد کل برگ‌های سبز در گیاهان استفاده نموده‌اند (سلطانی و همکاران، 2006؛ سیواکومار، 1978؛ سینکلر، 1984؛ هسکت و همکاران، 1973). در مطالعه‌ای که توسط پوررضا و همکاران (2009) صورت پذیرفت، تعداد کل برگ‌های سبز و سطح برگ گیاه به طور همزمان در تمام ارقام گندم اندازه‌گیری نمودند. یک رابطه خطی ساده بین سطح برگ گیاه (y) و تعداد برگ‌های سبز (x) با مقدار R^2 بیشتر از 0/92 وجود داشت. بنابراین، یک مدل کلی به شرح ذیل ارائه نمودند:

$$y = 14.98x \quad \text{معادله (4-2)}$$

این معادله بدان معنی است که به ازای افزایش هر برگ در بوته، حدود 15 cm^2 به سطح برگ بوته اضافه شده‌است. این معادله میانگین اندازه برگ را نیز نشان می‌دهد. سلطانی و همکاران (2006) یک رابطه خطی بین مجموع تعداد گره در بوته و سطح برگ گیاه برای نخود گزارش نمودند.

همر و همکاران (1993) و سلطانی و همکاران (2006)، یک تابع توانی ساده برای پیش‌بینی سطح

برگ گیاه از تعداد برگ گیاه در سورگوم دانه‌ای و نخود مورد استفاده قرار دادند.

$$y = x^b \quad \text{معادله (5-2)}$$

که در آن y سطح برگ گیاه، x تعداد برگ گیاه (در اینجا، تعداد برگ‌های ساقه اصلی) و b ضریب معادله است. این تابع، پیش‌بینی موفقیت‌آمیزی و برازش‌های قابل‌قبولی با مقادیر R^2 ، 0/79-0/98 از سطح برگ گیاه بعنوان تابع شاخص پلاستوکرون در گیاه vigna (*Vigna trilobata* L.) و نخود داشت. از این رو، بر اساس تمام داده‌ها، یک معادله کلی ارائه نمودند:

$$y = x^{2.45} \quad \text{معادله (6-2)}$$

ستیونو و همکارانش (2008) در مطالعه‌ای در رابطه با شاخص سطح برگ سویا اظهار داشتند که شاخص سطح برگ را می‌توان به عنوان تابعی از سطح برگ خالص در هر بوته و تراکم جمعیت شبیه‌سازی نمود. اصطلاح سطح برگ خالص برای بیان وقوع همزمان گسترش برگ و پیری در کل گیاه و سطح جمعیت استفاده شده‌است.

$$LAI = L_{net_i} PD_i 10^{-4} \quad \text{معادله (7-2)}$$

که در آن LAI، شاخص سطح برگ ($m^2 \cdot m^{-2}$) است، L_{net_i} سطح برگ خالص ($cm^2 \cdot plant^{-1}$)، PD تراکم بوته‌ها ($plant \cdot m^{-2}$) در روز نام و 10^{-4} عامل تبدیل cm^2 به M^2 است.

2-4 اثر عوامل محیطی بر گسترش سطح برگ

دی آنجو (2005) سطح برگ را به بالا بودن سایه انداز¹ گیاه ارتباط داده و بیان نموده که بالا بودن سایه انداز، معیاری برای نشان دادن میزان توسعه و رشد گیاه است. اما رشد و نمو گیاهان تحت تاثیر فاکتورهای مختلف دیگری از جمله حرارت، رطوبت و فتوپریود می باشد. در بین این عوامل، حرارت مهمترین عامل برای تعیین سرعت رشد گیاه به شمار می رود (درسچید و لیتل، 2002).

لیزاسو و همکاران (2003) مدل جدیدی برای سطح برگ ارائه داده اند که می تواند رشد برگ های منحصر به فرد رقم ذرت را شبیه سازی نماید و با مدل CERES-Maize مرتبط بوده، و ارقام و محیط های مختلف نیز برای آن تعریف شده است. آن ها گسترش سطح برگ LA_i (cm²) در مرحله رشد برگ را با استفاده از معادله (8-2) به دست آوردند:

$$LA_i = l_i w_i 0.765 \quad \text{معادله (8-2)}$$

که در آن LA_i تابعی از طول (l_i ، سانتی متر) با حداکثر عرض (w_i ، سانتی متر) برگ l_i بوده که از نمونه گیری تخریبی به دست می آید و گسترش پهنک هر برگ در مرحله ی گسترش برگ با استفاده از تابع لجستیک سیگموئیدی زیر شبیه سازی می شود:

$$LA_i = \frac{Ae_i}{1 + e^{-ke_i(t-te_i)}} \quad \text{معادله (9-2)}$$

Ae_i سطح زمین برگ بر حسب cm²، te_i دمای زمانیست که سطح برگ به 50% نهایی خود رسیده و ke_i پارامتریست بدون واحد که انحراف منحنی را کنترل می کند.

گسترش روزانه سطح برگ، از سرعت رشد هر برگ (GRe_i ، cm² GDD⁻¹) در دوره دمایی t محاسبه

می شود. GRe_i را می توان از طریق گرفتن مشتق از معادله زیر محاسبه نمود:

¹ - Canopy

$$GRe_i = \frac{dLA_i}{dt} = (Ae_i k e_i) \frac{e^{-k e_i (t - t_{e_i})}}{(1 + e^{-k e_i (t - t_{e_i})})^2} \quad \text{معادله (10-2)}$$

انگلیس و همکاران (1994) طی مطالعه‌ای دریافتند که شاخص سطح برگ تابع انتقال کانوپی، کسری از تابش مستقیم خورشیدی می‌باشد که در کانوپی نفوذ می‌کند. انتقال با نسبت I_c / I_0 که I_c مقدار جریان نوری در زیر کانوپی و I_0 مقدار جریان نور در خارج از پوشش گیاهی است. سپس می‌توان با استفاده از فرمول زیر شاخص سطح برگ را محاسبه نمود:

$$LAI = \frac{\log_e \left(\frac{I_c}{I_0} \right)}{k} \times \cos q \quad \text{معادله (11-2)}$$

که در آن LAI شاخص سطح برگ، θ زاویه اوج خورشید در درجه (می‌توان از زمان، تاریخ و موقعیت محاسبه نمود)، K ضریب خاموشی نور کانوپی است، که تابعی از زاویه و آرایش فضایی برگ است. مونسو و سایکی (1953، سال انتشار ترجمه‌ی انگلیسی آن 2005) نشان دادند که کاهش نور در پوشش‌های گیاهی را می‌توان با معادله بییر-لامبرت از خاموشی نور به عنوان تابعی از شاخص سطح برگ به شرح زیر بیان نمود:

$$I = I_0 e^{-KL} \quad \text{معادله (12-2)}$$

I شدت نور در زیر پوشش گیاهی، I_0 شدت نور بالای پوشش گیاهی، L شاخص سطح برگ و k ضریب خاموشی است. ضریب خاموشی (K) توسط عواملی از جمله توزیع زاویه برگ، نوع و جهت تابش و ساختار و انبوهی پوشش گیاهی تعیین می‌شود (بردا، 2003). شاخص سطح برگ (L) را می‌توان پس از اندازه‌گیری تشعشع در زیر و بالای پوشش گیاهی و K مشخص شده و نیز با استفاده از معادله زیر به دست آورد (بردا، 2003؛ سلبرگ و همکاران، 2006):

$$L = -\frac{1}{k} \ln(I/I_0) \quad \text{معادله (13-2)}$$

سلطانی (1388) معادله زیر را جهت برآورد شاخص سطح برگ در هر روز در طی فصل رشد از کاشت تا رسیدگی برداشت ارائه نمود:

$$LAI = RLAI \times LAIMX \quad \text{معادله (14-2)}$$

که در آن LAI شاخص سطح برگ، RLAI شاخص سطح برگ نسبی (LAI/LAIMX) و LAIMX حداکثر شاخص سطح برگ قابل انتظار هستند. شاخص سطح برگ نسبی طی دو مرحله تخمین زده می‌شود. مرحله اول، مرحله گسترش سطح برگ است و در آن شاخص سطح برگ نسبی با کمک یک معادله سیگموییدی به مرحله نمو نسبی (نرمالیزه شده^۱) یعنی نسبت زمان حرارتی تجمعی (TT) تقسیم بر زمان حرارتی از کاشت تا رسیدگی برداشت (TTHAR) ارتباط داده می‌شود (یعنی $NDS = TT/TTHAR$).

در مرحله دوم که مرحله پیری یا کاهش اصلی شاخص سطح برگ است، شاخص سطح برگ نسبی به صورت خطی از مرحله شروع پر شدن دانه (مصادف با شروع مرحله پیر شدن برگ‌ها) کاهش یافته و در رسیدگی برداشت به صفر می‌رسد.

قلیپوری و همکاران (2009) با استفاده از مفهوم درجه روز رشد^۲ و درجه حرارت پایه (T_b) و دمای بحرانی (T_c) مقدار توسعه مرحله رشدی را تعیین نمودند:

$$GD = Tb \quad \text{if } T < Tb \quad \text{معادله (15-2)}$$

$$GD = T - Tb \quad \text{if } T > Tb$$

$$GD = Tc \quad \text{if } GD > Tc$$

که در آن DTT ترمال تایم روزانه (سانتیگراد-روز) و T متوسط درجه حرارت روزانه است. درجه روز رشد (GDD) با جمع GD پس از ظهور محاسبه شد. معادله آن به شرح زیر می‌باشد:

۱- Normalized Development Stage

۲- Growth degree day

$$LAI_{(i)} = (LAI_{max} / GDD_1) \times GDD_i \quad \text{if } GDD_i \leq GDD_1 \quad \text{معادله (2-16)}$$

که در آن LAI_{max} برابر LAI در سرعت رشد حداکثر و GDD_1 نشان دهنده زمان حرارتی تجمعی از ظهور تا پایان مرحله اول است.

2-5 اثر نیتروژن بر گسترش سطح برگ

یکی از عوامل موثر بر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تاثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. مقدار نیتروژن مصرفی تاثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصاً در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم، داشتند (سپهری و همکاران، 1381). درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به اندام‌های زایشی، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول تحت تاثیر میزان نیتروژن قرار می‌گیرند (ایک و هانوی، 1966).

ساجدی و اردکانی (1387) گزارش نمودند که با توجه به اینکه اکثر شاخص‌های رشد به نوعی به شاخص سطح برگ وابسته هستند، تغییر این شاخص از طریق تغییر در سطوح کود نیتروژن و عناصر کم‌مصرف یکی از عملی‌ترین راهکارهاست و بخش عمده‌ای از افزایش سرعت رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در اثر افزایش نیتروژن مربوط به افزایش شاخص سطح برگ بود.

طبق گفته‌ی لک همکارانش (1389) در طی بررسی اثر سطوح نیتروژن بر شاخص‌های رشدی ذرت هیبرید سینگل کراس 704، همبستگی میان مقدار نیتروژن مصرفی و شاخص سطح برگ مثبت و معنی‌دار بود و مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر معنی‌داری بر تولید و گسترش سطح برگ داشت.

شاخص سطح برگ و دوام آن و نهایتاً سرعت فتوسنتز گیاه توسط مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (کانر و همکاران، 1993). داده‌های تجربی نشان داده‌اند که نیتروژن از عوامل مهم مؤثر بر شاخص سطح برگ

محصول چه در مراحل اولیه (ژونگ، 1999) و چه در تمام فصل رشد (یوجی و همکاران، 1996) است (یین و همکاران، 2003).

باتوجه به اهمیت نیتروژن در توسعه و نگهداری پوشش گیاهی، نیاز به ایجاد روابط کمی بین شاخص سطح برگ و نیتروژن در طول رشد محصول به منظور مدل سازی عملکرد محصول در رابطه با نیتروژن می باشد (یین و همکاران، 2003).

اثر نیتروژن بر روی سطح برگ پوشش گیاهی در مرحله بعدی رشد محصولات کشاورزی به خوبی قابل درک است. به نظر می رسد خروج نیتروژن برگ، جهت حمایت از پر شدن دانه امری اجتناب ناپذیر باشد. به دلیل جذب حقیقی نیتروژن در مراحل بعدی رشد ممکن است پاسخ به تقاضای نیتروژن مورد نیاز جهت ساخت پروتئین های دانه کافی نباشد (سینکلیر و د ویت، 1975، 1976). این تخلیه باعث پیری برگ و کاهش شاخص سطح برگ محصول می شود. بر این اساس، پدیده ای تحت عنوان "خود نابودی" توسط سینکلر و د ویت (1975) شرح داده شد.

در گونه های مختلفی مشاهده شده است که کل ازت برگ به ازای هر واحد سطح برگ (نیتروژن برگ، از این پس) در ارتفاع های مختلف پوشش گیاهی یکنواخت نیست، اما در طول عمق آن به تدریج کاهش می یابد (فیلد، 1983). این توزیع غیر یکنواخت عمودی نیتروژن برگ (N) معمولاً توسط معادله زیر شرح داده می شود:

$$n_i = n_o e^{-k_m L_i} \quad \text{معادله (2-17)}$$

که در آن n_i نیتروژن برگ تأمین لایه پوشش گیاهی است، که در آن L شمرد شده از بالا، L_i است، n_o نیتروژن برگ در بالای پوشش گیاهی (یعنی در $L_i = 0$) و K_{tm} ضریب خاموشی نیتروژن است. اغلب، کل ظرفیت نیتروژن برگ پوشش گیاهی یا میانگین نیتروژن برگ پوشش گیاهی به جای n_o اندازه گیری می شود، زیرا مقدار n_o تابع مجموعه آزمایشی نیست.

مقدار کل از برگ‌های نیتروژن (N) را می‌توان با استفاده از معادله زیر محاسبه نمود:

$$N = \int_0^L n_i dL_i = n_o (1 - e^{-kL}) / k \quad \text{معادله (18-2)}$$

بین و همکاران (2000) یک معادله عمومی برای محدودیت نیتروژن شاخص سطح برگ بدست

آوردند:

$$L = (1 / k_m) \ln(1 + k_m N / n_b) \quad \text{معادله (19-2)}$$

که در آن n_b مقدار پایه N بوده، که فتوسنتز تحت شرایط نور اشباع (P_{max}) صفر است، منعکس کننده ترکیبات نیتروژن غیرفعال از لحاظ فتوسنتزی است.

تجزیه و تحلیل تئوری بهینه سازی نشان داده است که ظرفیت نیتروژن پوشش گیاهی (N)، مقدار

نیتروژن در برگ‌های پوشش گیاهی، عامل اصلی تعیین کننده شاخص سطح برگ مطلوب محصول (L_{opt})

برای فتوسنتز حداکثر پوشش گیاهی است (بین و همکاران، 2003). در کانوپی گیاهان زراعی به موازات

پروفیل نور، نوعی پروفیل نیتروژن نیز به وجود می‌آید که با معادله‌ای شبیه خاموشی نور توصیف می‌شود

(نصیری و الگرشما، 2002؛ نصیری و الگرشما، 1998):

$$N_h = N_0 \exp(-K_n \cdot L_h / L) \quad \text{معادله (20-2)}$$

که در آن N_0 و N_h به ترتیب نیتروژن برگ (گرم نیتروژن بر متر مربع برگ) در بالای کانوپی و در عمق h،

K_n ضریب خاموشی نیتروژن، L و L_h به ترتیب شاخص سطح برگ کل و شاخص سطح برگ در عمق h

می‌باشند. با استفاده از این معادله می‌توان میزان نیتروژن برگ‌ها را در لایه‌های مختلف کانوپی برآورد

نمود.

با این حال، توجه کمی به اثر نیتروژن بر شاخص سطح برگ در بررسی مدل سازی محصول شده است

(بین و همکاران، 2003).

2-6 اهداف تحقیق

اهداف تحقیق در این مطالعه عبارتند از:

- 1- ارزیابی مدل شبیه‌سازی گسترش سطح برگ در گیاه موسیر
- 2- ارزیابی روش‌های مبتنی بر ازت برگ برای شبیه‌سازی سطح برگ موسیر
- 3- ارزیابی روش‌های مبتنی بر کربن برگ برای شبیه‌سازی سطح برگ موسیر

فصل سوم

مواد و روش‌ها

3-1- مشخصات محل اجرای آزمایش

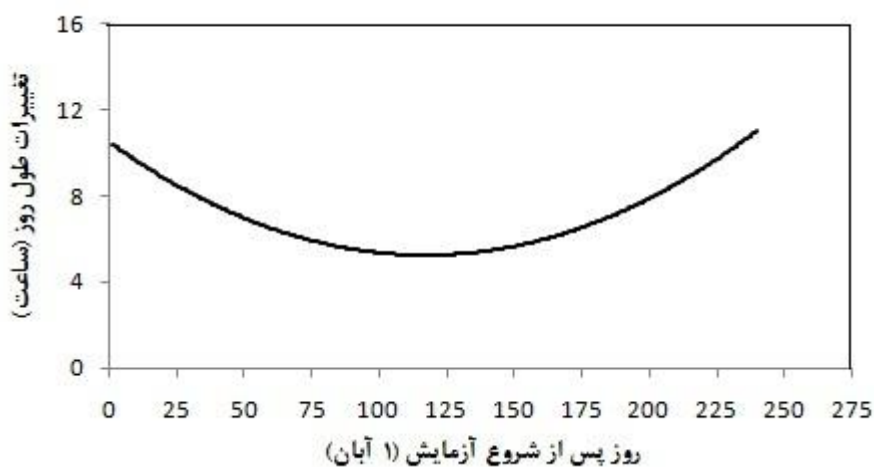
این تحقیق در سال زراعی 90-89 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا اجرا شد.

3-2- ویژگی‌های آب و هوایی

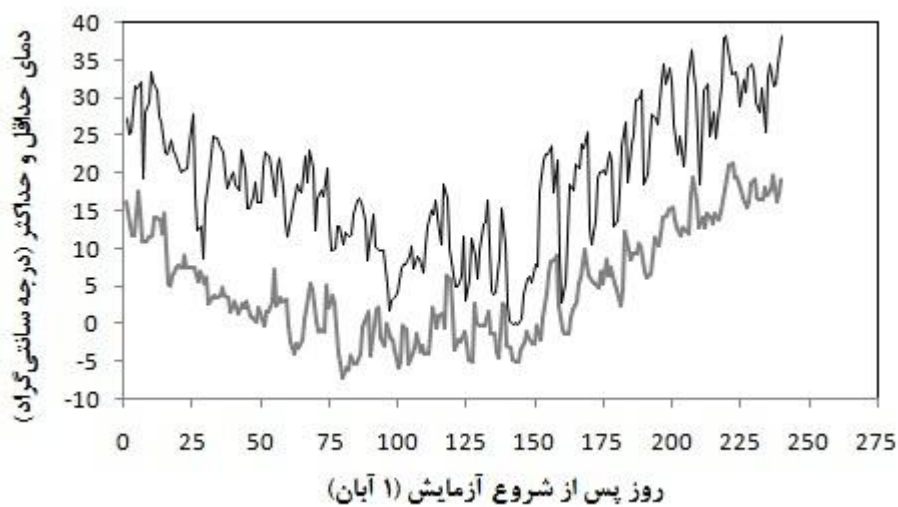
بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی منطقه مشهد دارای اقلیم سرد و خشک است (آمار سازمان هواشناسی کشور، 1388). متوسط بارندگی سالیانه 252 میلی‌متر و عمدتاً در فصل زمستان رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی مشهد متوسط سالیانه دما در این منطقه 16، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالیانه برابر 43 و 27/8- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. همچنین متوسط ماهانه دما در سال اجرای طرح به قرار جدول 3-1 است:

جدول 3-1. متوسط دما در ماه‌های سال 90-1389 بر حسب درجه‌سنتی‌گراد

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
20/7	12/3	9/5	3/6	5	5/4	14/8	22/7



شکل 3-1. روند تغییرات طول روز در طی فصل آزمایش



شکل 3-2. روند تغییرات دمای حداکثر و حداقل در طی فصل آزمایش

3-3 خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از عمق 0-30 سانتیمتری خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه و سپس نمونه خاک موردنظر به

آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک در جدول 2-3 نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله، بافت خاک از نوع سیلتی لوم تعیین گردید.

جدول 2-3. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه						خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه				
EC (ds/m)	pH	K (ppm)	P (ppm)	N (ppm)	ماده آلی %	عمق اندازه گیری 0-30 (سانتی متر)	شن %	سیلت %	رس %	عمق اندازه گیری 0-30 (سانتی متر)
1/2	7/97	153	8/4	495	2/1		33/15	53/28	13/57	

3-4 طرح آزمایش و عملیات زراعی

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل وزن غده موسیر در 2 سطح (10 تا 20 گرم و 20 تا 30 گرم) و مقادیر کود نیتروژن در 4 سطح {شاهد (پایه 100 کیلوگرم در هکتار)، 200، 250 و 300 کیلوگرم در هکتار} بود که تاثیر آنها بر شاخص سطح برگ گیاه دارویی موسیر مورد بررسی قرار گرفت.

3-4-1 نقشه کشت

نقشه کشت به صورت شکل 3-3 بود:

I	W_1N_2	W_1N_1	W_2N_2	W_2N_1	W_2N_3	W_1N_3	W_2N_4	W_1N_4
II	W_2N_2	W_1N_3	W_2N_3	W_1N_2	W_1N_4	W_1N_1	W_2N_1	W_2N_4
III	W_2N_1	W_1N_3	W_2N_2	W_2N_4	W_2N_3	W_1N_4	W_1N_2	W_1N_1

شکل 3-3. نقشه کشت. W_1 و W_2 فاکتور مورد مطالعه‌ی وزن غده در دو سطح 10-20 گرم و 20-30 گرم و N_1 ، N_2 ،

N_3 و N_4 تیمار نیتروژن اعمال شده در سطوح 100، 200، 250 و 300 کیلوگرم در هکتار است.

هر واحد آزمایشی شامل 5 ردیف به طول 2/5 متر با فاصله 60 سانتی‌متر بود. مساحت هر واحد آزمایشی 9 مترمربع در نظر گرفته شد. مرز بین کرت‌ها با یک پشته کشت نشده مشخص شد.

3-4-2 آماده‌سازی زمین و کوددهی

زمین آزمایش در سال زراعی قبل (87 – 88) به صورت آیش بود. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل مهر ماه 1389 صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگرداندار شخم زده شد و پس از نمونه‌برداری از خاک به مقدار مورد نیاز کودهای مربوط به عناصر مورد نیاز به زمین اضافه شد. سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله شیارساز ردیف‌هایی به فاصله 55 سانتی‌متر در جهت شرقی – غربی ایجاد گردید. ابعاد کرت‌های آزمایشی در زمین مورد بررسی مشخص شد و پس از تعیین کرت‌ها، جوی‌های آبیاری تعبیه گردید.

3-4-3 کاشت غده گیاه موسیر

کشت این گیاه در تاریخ 1389/7/15 با دست انجام گرفت. کاشت غده‌ها در عمق 10-15 سانتی‌متری و با فاصله روی ردیف 20 سانتی‌متر و بین ردیف 55 سانتی‌متر انجام شد.

5-3 عملیات داشت

1-5-3 مبارزه با علف‌های هرز و دفع آفات

وجین علف‌های هرز پس از سپری شدن سرمای زمستان و در آغاز فصل رشد در بهار (15 فروردین) بصورت دستی انجام شد. برای جلوگیری از گسترش علف‌های هرز و نیز آفات و بیماری‌های احتمالی این عمل به‌طور مستمر صورت پذیرفت. در طول فصل رشد خوشبختانه بیماری و آفت خاصی مشاهده نشد.

2-5-3 آبیاری

بلافاصله بعد از کاشت موسیر آبیاری سنگینی به صورت ناشی انجام شد تا ردیف‌ها کاملاً نم کشیده و تیره شدند. آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد هر 10 روز یکبار انجام گرفت.

6-3 نمونه‌برداری

زمان هر نمونه‌برداری از وقتی که برگ‌های گیاه ظاهر شدند (8 فروردین) آغاز و سپس هر 10 روز یکبار تا پایان فصل رشد نسبت به نمونه‌برداری از هر تیمار اقدام گردید که در مجموع 8 نمونه برداری انجام شد. نحوه نمونه‌برداری بدین صورت بود که از هر 5 ردیف کاشت در هر کرت، دو ردیف کناری و 0/5 متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس 3 بوته بطور تصادفی به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه‌برداری بوته‌ها بطور کامل از خاک خارج شدند.

7-3 برآورد شاخص سطح برگ

بلافاصله پس از انجام نمونه‌برداری برای کاهش تبخیر و تعرق، نمونه‌های قرار داده شده در پاکت‌های شماره‌گذاری شده را در یک کیسه پلاستیکی حاوی یخ قرار داده و به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی

منتقل شدند. در آزمایشگاه قسمت‌های مختلف گیاه شامل برگ، ساقه، گل‌آذین و غده جدا گشته و پس از اندازه‌گیری طول برگ‌ها از نوک تا نقطه تقاطع برگ با ساقه و عرض برگ‌ها از عریض‌ترین قسمت برگ با استفاده از یک خط‌کش معمولی (با دقت 0/1 سانتیمتر)، سطح هر برگ نیز به کمک دستگاه سطح برگ‌سنج مدل لیکو^۱ (با دقت 0/001 سانتیمتر مربع) ساخت کشور آمریکا بدست آمد سپس وزن خشک ساقه، برگ، گل‌آذین و غده به طور جداگانه اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه وزن خشک اندام‌ها، نمونه‌ها داخل پاکت شماره‌دار گذاشته شدند، سپس به آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت منتقل شدند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت 20 تا 25 دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس با دقت 0/01+ وزن شدند. جهت تعیین میزان نیتروژن برگ، نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد داده شد. در انتها با در نظر گرفتن داده‌های بدست آمده اقدام به بررسی شاخص سطح برگ در این گیاه نمودیم.

واتسون در سال 1974 واژه شاخص سطح برگ را این طور تعریف نموده‌است: نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی که محصول روی آن سایه می‌اندازد. از آنجا که تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح زمین پخش می‌شود لذا، LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشید برای آن‌ها قابل دسترس می‌باشد.

با ترسیم نمودار وزن خشک برگ و ساقه در مقابل وزن خشک کل، معادله مربوطه محاسبه گردید و از آن برای محاسبه ضریب تخصیص وزن خشک به برگ و ساقه استفاده شد.

۱- Licow

3-7-1 روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ

یکی از روش‌های برآورد شاخص سطح برگ که به عنوان متغیر وابسته (LA) در نظر گرفته شد، تعیین روابط خطی¹، چندجمله‌ای²، توانی³ بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل شامل طول (L) و عرض برگ (W) بود.

رابطه‌ی دیگر استفاده شده برای برآورد سطح برگ، معادله‌ای است که توسط مونتگمری (1911) ارائه شده و عبارتند از:

$$LA = e \times LL \times LW \quad \text{معادله (1-3)}$$

که در آن LA، سطح برگ، LL، طول برگ، LW، حداکثر عرض برگ بوده و مقدار e نیز به عنوان ضریب معادله در نظر گرفته شد که در این آزمایش معادل 0/018 برآورد گردید.

3-7-2 روش مبتنی بر اثر اقلیم

روش دیگری که جهت پیش‌بینی سطح برگ استفاده شد تعیین رابطه بین حرارت تجمعی لازم یا مجموع درجه روزهای رشد (Growth Degree Days) به عنوان متغیر مستقل با سطح برگ به عنوان متغیر وابسته بود، که از رابطه‌ی:

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_b \right] \quad \text{معادله (2-3)}$$

محاسبه گردید که در آن T_{\max} و T_{\min} به ترتیب حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه، T_b درجه حرارت پایه (5 درجه سانتیگراد) و n تعداد روزهایی که میانگین درجه حرارت هوا بیشتر از 5 درجه سانتیگراد

۱ -Linear

۲ -Polynomial

۳ -Power

است (مارتینز و همکاران، 2007) و در نهایت با استفاده از معادله بتا که در زیر آمده است، رابطه بین سطح برگ و درجه روز رشد برآورد گردید.

$$LA_i = \exp(a_0)((GDD_i - a_1)^{a_2} (a_3 - GDD_i)^{a_4}) \quad \text{معادله (3-3)}$$

که در آن LA_i ، سطح برگ در روز i ام، GDD_i مقدار مجموع درجه روزهای رشد تا روز i ام و a_0 ، a_1 ، a_2 ، a_3 ، a_4 ضرایب معادله هستند.

3-7-3 روش مبتنی بر کربن برگ

با در نظر گرفتن سطح ویژه برگ و نسبت وزن برگ گیاه نیز می توان سطح برگ را پیش بینی نمود که با استفاده از یکی از معادله های:

$$LA = SLA \times LWR \times W \quad \text{معادله (4-3)}$$

$$LA = SLA \times w_{leaf} \quad \text{معادله (5-3)}$$

ممکن شد. در معادله 3-4، LA ، سطح برگ، SLA ، سطح ویژه برگ که از نسبت بین سطح برگ گیاه و وزن خشک برگ گیاه محاسبه می شود، LWR ، نسبت وزن برگ که از تقسیم وزن خشک برگ به وزن خشک کل بوته بدست می آید و W نیز وزن خشک کل بوته است و در معادله 3-5، w_{leaf} ، وزن خشک برگ گیاه می باشد. از معادلات فوق نیز می توان جهت برآورد اثر کربن روی سطح برگ استفاده نمود.

3-7-4 روش مبتنی بر نیتروژن برگ

آخرین معادله استفاده شده برای پیش بینی سطح برگ گیاه موسیر، ایجاد رابطه ای بین مقدار نیتروژن برگ اندازه گیری شده در تیمارهای نیتروژن اعمال شده در طول زمان آزمایش به عنوان متغیر مستقل با

حاصلضرب طول و عرض برگ (طول برگ × عرض برگ) به عنوان متغیر وابسته در نمونه‌گیری ششم بود و معادله سیگموئیدی زیر بدست آمد:

$$y = a_0 + \frac{a_1}{(1 + \exp(-\frac{(x - a_2)}{a_3}))} \quad \text{معادله (6-3)}$$

که در آن y ، حاصلضرب طول و عرض برگ گیاه (سانتیمتر مربع)، x ، مقدار کود نیتروژن (گرم) و a_0 ، a_1 ، a_2 ، a_3 ضرایب معادله سیگموئیدی هستند. در نهایت با قرار دادن حاصل معادله فوق (طول × عرض) در معادله‌ای که از رابطه‌ی توانی بین سطح برگ به‌عنوان متغیر وابسته و حاصلضرب طول و عرض به‌عنوان متغیر مستقل در همان مرحله بدست آمد، سطح برگ مدل‌سازی شد. جهت برآورد تاثیر نیتروژن بر سطح برگ نیز این رابطه کاربرد دارد.

8-3 ارزیابی روش‌ها

مقدار ضریب تبیین (R^2) به دست آمده برای هر معادله و همچنین معیار مربعات انحراف از میانگین (MSD) که شاخصی از تفاوت بین واریانس مشاهده شده با واریانس پیش‌بینی شده می‌باشد، به عنوان سنجه‌هایی برای تعیین دقت مدل‌های مورد استفاده برای تخمین سطح برگ استفاده شد و در نهایت مدل‌های نهایی بر اساس ترکیبی از بالاترین ضریب تبیین و پایین‌ترین MSD تعیین شدند. برای محاسبه MSD از فرمول زیر استفاده گردید:

$$MSD = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n} \quad \text{معادله (7-3)}$$

در روش مبتنی بر ابعاد برگ با توجه به اینکه مقادیر پیش‌بینی شده بسیار نزدیک بهم برآورد شدند، جهت افزایش دقت و انتخاب مطلوب‌ترین روش، اجزای MSD به سه جزء مربع خطا (SE)، خطای تفاوت

انحراف معیارها (ESD) و عدم همبستگی بین داده‌های مشاهده‌شده با انحراف معیار (LCS) تفکیک شدند:

$$\text{MSD} = \text{SE} + \text{ESD} + \text{LCS} \quad \text{معادله (8-3)}$$

که هر جزء به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{SE} = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad \text{معادله (9-3)}$$

$$\text{ESD} = (\text{SE}_x - \text{SE}_y)^2 \quad \text{معادله (10-3)}$$

$$\text{LCS} = 2 \text{SE}_x \times \text{SE}_y \times (1 - r) \quad \text{معادله (11-3)}$$

که \bar{x} و \bar{y} به ترتیب میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده هستند، SE_x و SE_y نیز به ترتیب انحراف معیارهای x و y ، r نیز ضریب همبستگی بین x و y است.

MSD انحراف کلی شبیه‌سازی مدل از مشاهده را نشان می‌دهد. مقدار پایین‌تر MSD، بیان‌کننده‌ی نزدیک‌تر بودن مقدار شبیه‌سازی به مشاهده است. اجزای MSD نمایانگر جنبه‌های مختلف از انحراف کلی می‌باشد. SE خطای شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. ESD بیانگر تفاوت در نوسان مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده است و ESD بزرگ نشان می‌دهد که این مدل قادر به شبیه‌سازی مقدار نوسان در میان اندازه‌گیری‌های سطح برگ نیست. LCS اطلاعاتی در مورد چگونگی الگوی تغییرات در مشاهدات شبیه‌سازی شده را می‌دهد؛ LCS بزرگ‌تر بدان معنی است که این مدل توانایی شبیه‌سازی الگوی نوسان در تمام اندازه‌گیری سطح برگ را ندارد.

R^2 (ضریب تبیین) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{SSE}}{\text{SSG}} \quad \text{معادله (12-3)}$$

که در آن SSE و SSG به ترتیب مجموع مربعات خطا و مجموع مربعات کل می‌باشد که مقادیر آن‌ها در تجزیه رگرسیون مربوط به ارتباط سطح برگ با دما، مقدار نیتروژن و کربن می‌باشد. R^2 برای محاسبه

سطح برگ نشان می‌دهد که چند درصد از تغییرات سطح برگ به وسیله دما، میزان نیتروژن و کربن توجیه می‌شود. بالا بودن R^2 یک مدل نسبت به سایر مدل‌ها برای مراحل سطح برگ نشان‌دهنده این است که آن مدل درصد بیشتری از تغییرات سطح برگ را توجیه می‌کند.

شاخص دیگر مورد استفاده برای ارزیابی دقت مدل، ریشه میانگین انحراف مربع (RMSE) می‌باشد. مقدار RMSE نسبی ($RMSE_r$)، که نسبت RMSE به میانگین مشاهدات بوده و نشان‌دهنده پراکندگی شبیه‌سازی بر اساس میانگین مقادیر مشاهده شده می‌باشد، نیز به عنوان شاخص دیگر مورد استفاده قرار گرفت (بنایان اول و همکاران، 2005) که از معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$RMSE(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n}} \cdot \frac{100}{\bar{O}} \quad \text{معادله (13-3)}$$

که در آن n ، تعداد مشاهدات، S_i ، مقادیر شبیه‌سازی شده، O_i ، مقادیر مشاهده شده و \bar{O} میانگین مقادیر مشاهده شده، است. RMSE به صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیر واقعی بیان می‌شود و براساس تعریف قدرت پیش‌بینی مدل در صورتی که مقدار RMSE کمتر از 10% باشد، عالی، اگر بین 10 تا 20% باشد خوب، اگر بین 20 تا 30% باشد، متوسط و اگر بالاتر از 30% باشد، ضعیف برآورد می‌شود (زینالدی و همکاران، 2003).

همچنین برای بررسی عدم همبستگی بین دو متغیر مستقل طول (L) و عرض برگ (W) در دو روش اول از دو فرمول عامل تورم واریانس (VIF^1) و مقادیر خطای مجاز (T^2) استفاده شد (گیل، 1986 و مارکوآرت، 1970).

$$VIF = \frac{1}{1 - r^2} \quad \text{معادله (14-3)}$$

^۱ -variance inflation factor

^۲ -tolerance values

$$T = \frac{1}{VIF} \quad \text{معادله (3-15)}$$

که t ، ضریب همبستگی بوده و اگر مقدار VIF کمتر از 10 و مقدار T بالاتر از 0/1 باشد، آن گاه اثر همبستگی بین دو متغیر مستقل طول (L) و عرض (W) در تخمین پارامترها نادیده گرفته می شود و می توان از هر دو متغیر در معادلات و مدل ها استفاده نمود.

3-9 تجزیه و تحلیل اطلاعات

داده های حاصل از آزمایش شامل نمونه برداری های مختلف، با استفاده از نرم افزار SAS¹ و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رابطه رگرسیونی بین صفات مربوطه توسط Excel و Sigmaplot محاسبه گردید. همچنین برای رسم نمودارها، گرافها و شکل های مربوطه از نرم افزار کامپیوتری Excel و Sigmaplot استفاده شد.

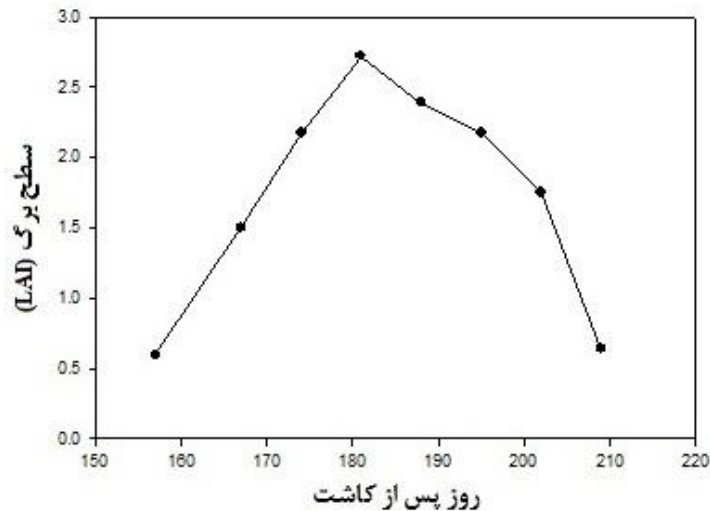
فصل چهارم

نتایج و بحث

1-4 بررسی شاخص سطح برگ

برگ‌ها اندام‌های اصلی دریافت تشعشع و فتوسنتز در گیاهان زراعی هستند. نمو سطح برگ در گیاهان رشد محدود، همزمان با ورود گیاه به فاز زایشی متوقف می‌شود، ولی در گیاهان رشد نامحدود بعد از فاز زایشی نیز ادامه می‌یابد. با افزایش سطح برگ میزان دریافت تشعشع هم بیشتر می‌شود.

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است و بر حسب مترمربع (سطح برگ) در مترمربع (سطح زمین) بیان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، 1368). از آنجا که افزایش وزن خشک محصول، بستگی زیادی به توسعه سطح برگ آن دارد، لذا سطح برگ یکی از پارامترهای اصلی در اندازه‌گیری رشد گیاه است که در اواسط فصل رشد به حداکثر رسیده (شکل 1-4) و سپس با مرگ برگ‌های پیرتر کاهش می‌یابد.



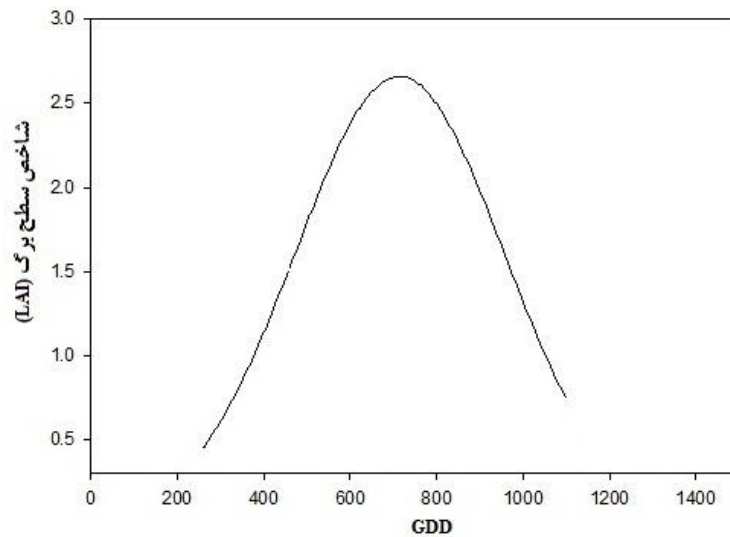
شکل 1-4. روند تغییرات سطح برگ گیاه موسیر در طول فصل رشد

مقدار سطح برگ به طور جداگانه به تعداد برگ، طول مرحله نموی و نیز سرعت نمو برگ‌ها بستگی دارد. همچنین سرعت نمو ممکن است به شرایط محیطی در طول مراحل اولیه نمو بستگی داشته باشد. از

آنجایی که اولین اندام گیرنده تشعشع خورشید، برگ‌ها می‌باشند، برای حداکثر سرعت رشد محصول بایستی به میزان کافی برگ در جامعه گیاهی وجود داشته باشد و در نتیجه بیشترین مقدار نور خورشید را که در جامعه گیاهی می‌تابد جذب کند. وقتی این حالت رخ می‌دهد، میزان کارایی فتوسنتزی محصول (CGR) توسط بازده فتوسنتزی برگ‌ها (NAR) تعیین می‌گردد (کوچکی، 1377).

برگ‌ها رابط بین گیاهان زراعی و اتمسفر می‌باشند. شاخص سطح برگ در رقابت گیاه با علف هرز، کارایی مصرف آب در گیاه و فرسایش خاک نقش مهمی ایفا می‌کند. همچنین از این شاخص برای برآورد سرعت جذب خالص مواد و مقدار تعرق در مطالعات فیزیولوژیکی استفاده می‌شود (اکرم‌قادری و همکاران، 1382).

روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل 1-4 و 2-4 نشان داده شده‌است که از رابطه درجه دو (غیرخطی) تبعیت می‌کند. تامسون و سدیک (1997) بیان داشتند که در گیاهان شاخص سطح برگ واکنش سیگموئیدی در مقابل زمان از خود نشان می‌دهند. در این بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ برای درجه روزهای رشد 366 تا 1121/1 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با رشد گیاه افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، با از بین رفتن برگ‌های پیرتر کاهش یافته‌است. بنابراین می‌توان گفت که LAI در ابتدا به صورت نمایی افزایش یافته به نحوی که تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به درجه‌های رشد از یک معادله درجه دوم تبعیت می‌کند. محققان زیادی رابطه نمایی بین شاخص سطح برگ و زمان یا درجه روزهای رشد را در گیاهان مختلف گزارش نموده‌اند (مک کلوم، 1978؛ هربرت و لیچتیلد، 1984).



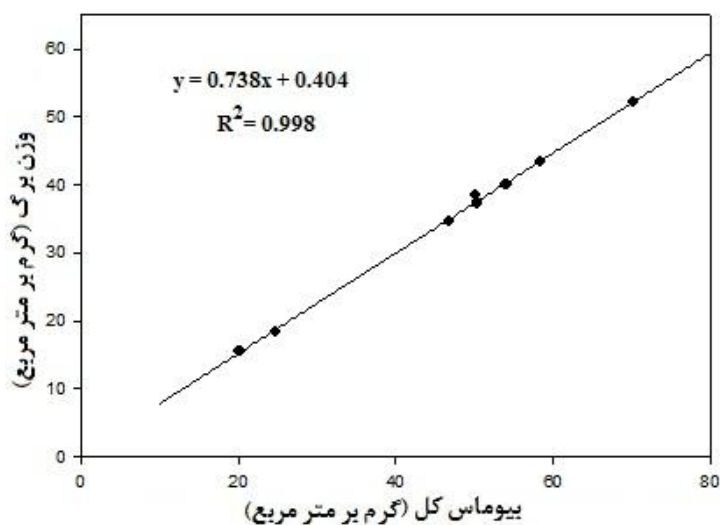
شکل 2-4. رابطه بین سطح برگ با مجموع درجه روزهای رشد تجمعی (GDD)

2-4 تسهیم بیوماس بین برگ و ساقه

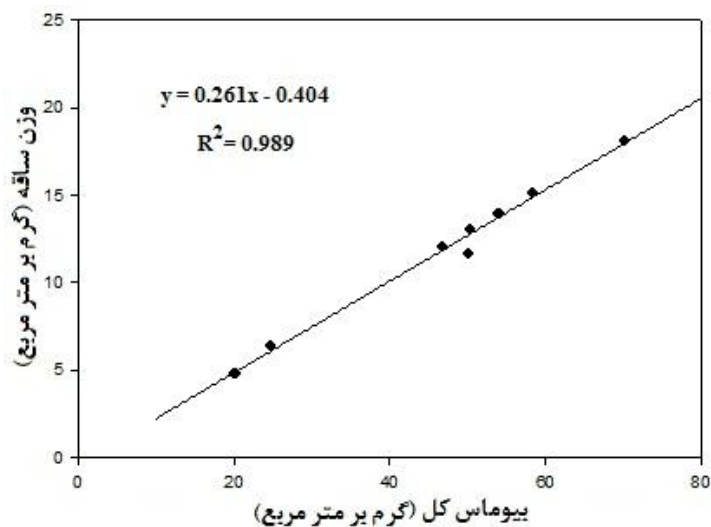
ارتباط میان وزن خشک برگ با بیوماس کل و وزن خشک ساقه با بیوماس کل برای ترکیبات تیماری مورد آزمایش در شکل‌های 3-4 تا 18-4 درج شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود بین این صفات یک رابطه خطی با ضریب تبیین بالایی وجود دارد. از ضریب X به عنوان شاخصی برای نشان دادن میزان تسهیم ماده خشک به برگ و ساقه استفاده شد. برای کلیه ترکیبات تیماری مورد آزمایش، کمیت این ضریب برای برگ نسبتاً بیشتر از ساقه بود. چرا که موسیر ماده خشک بیشتری را به برگ‌ها اختصاص می‌دهد.

برای امکان مقایسه دقیق‌تر، خطای استاندارد ضریب X نیز محاسبه شد (جدول 4-1). همچنین ضرایب اختصاص یافته به برگ همراه با خطای استاندارد در شکل 19-4 نشان داده شده است. در هر سطح وزن غده، با افزایش غلظت نیتروژن ورودی، افزایش محسوسی در پر برگی ایجاد می‌شود. این امر ممکن است به دلیل تحریک بوته توسط نیتروژن به توسعه سطح برگ باشد. سپهری و همکاران (2010) گزارش نمودند که مقدار نیتروژن مصرفی تاثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد.

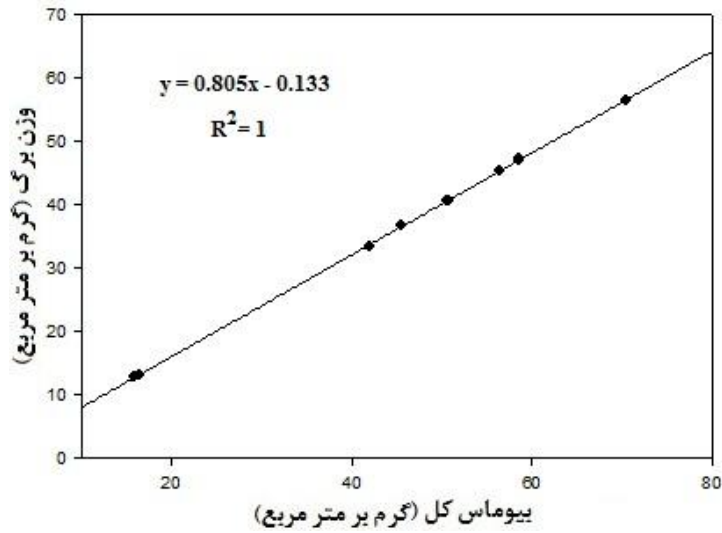
به طور کلی میان عملکرد بیولوژیک و ضریب اختصاص ماده خشک به برگ همبستگی مثبتی وجود داشت (شکل 4-20). به عبارت دیگر با افزایش پر برگی گیاه، عملکرد بیولوژیک نیز به طور مثبت متأثر می‌گردد.



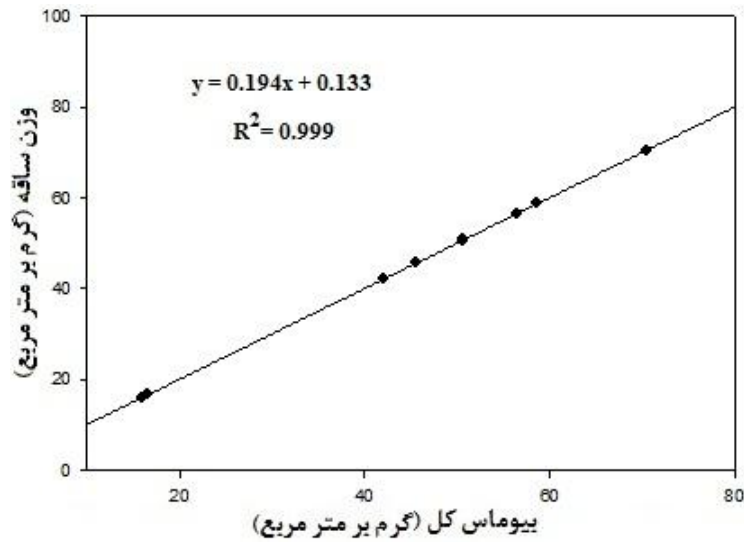
شکل 3-4 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



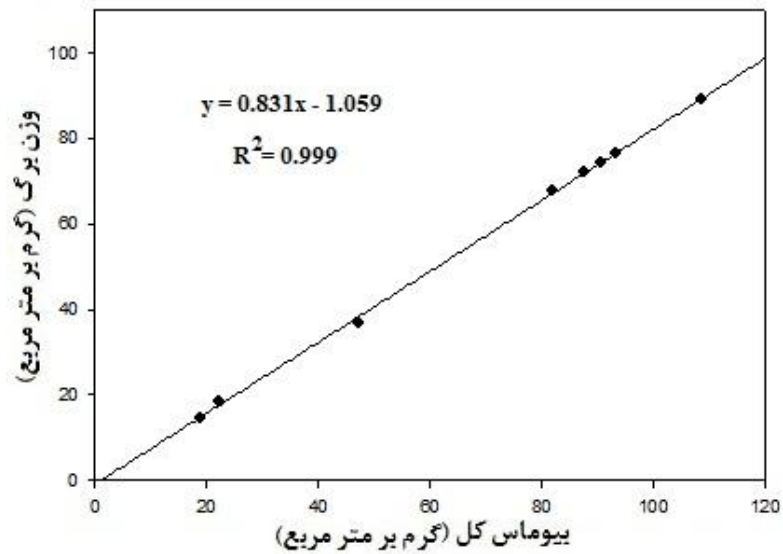
شکل 4-4 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



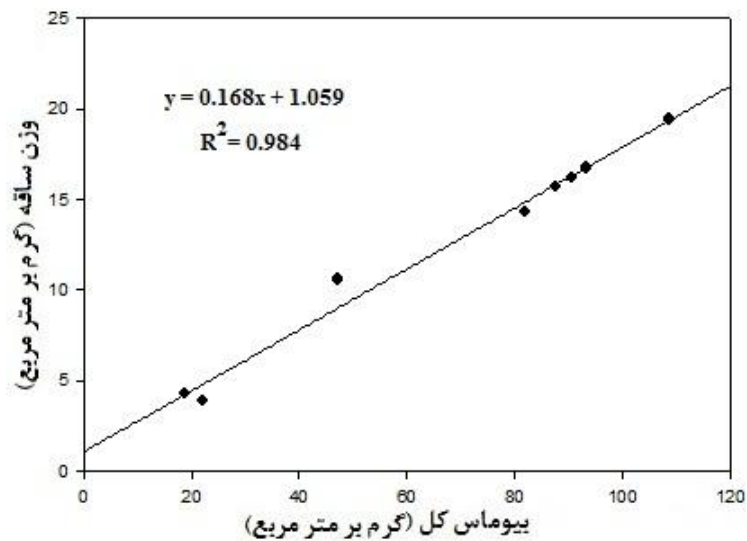
شکل 4-5 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



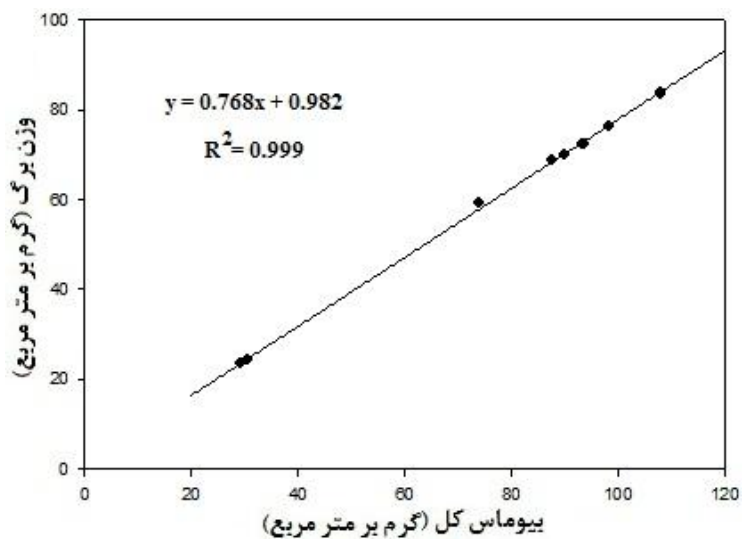
شکل 4-6 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



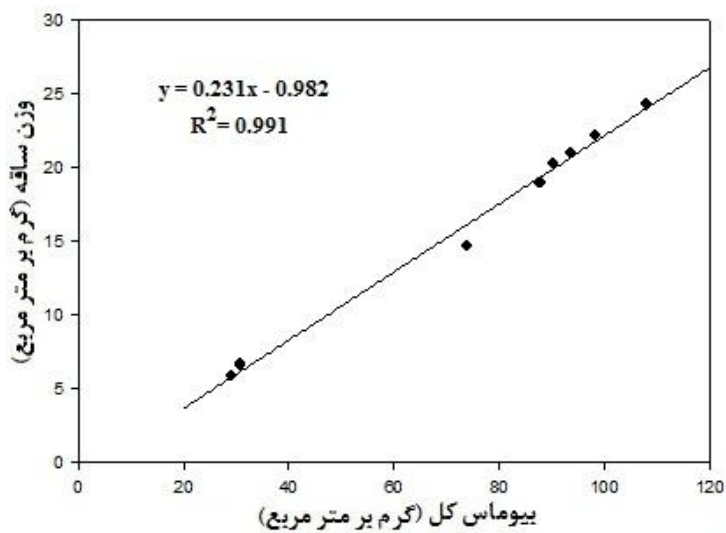
شکل 4-7 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



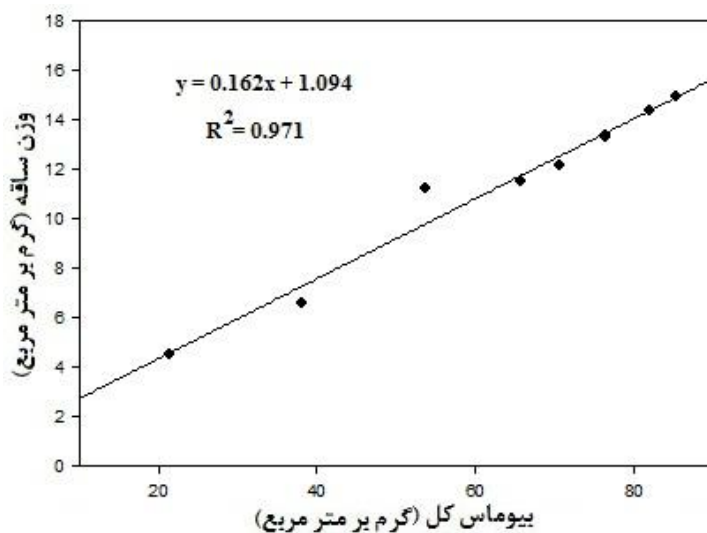
شکل 4-8 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



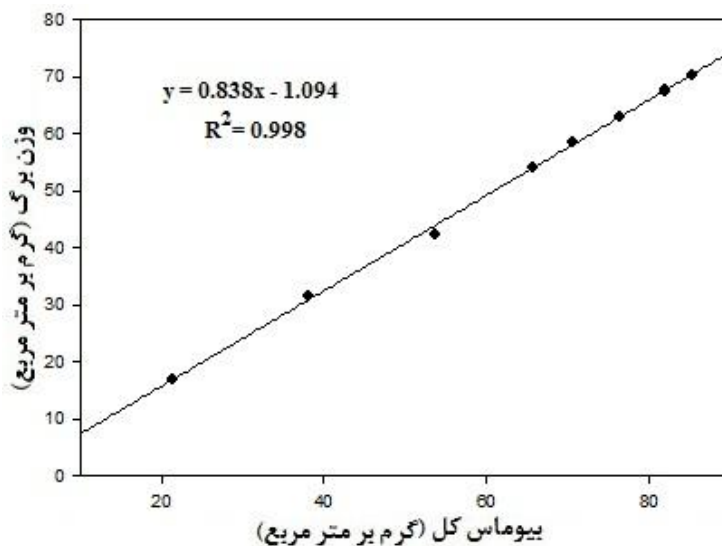
شکل 4-9 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



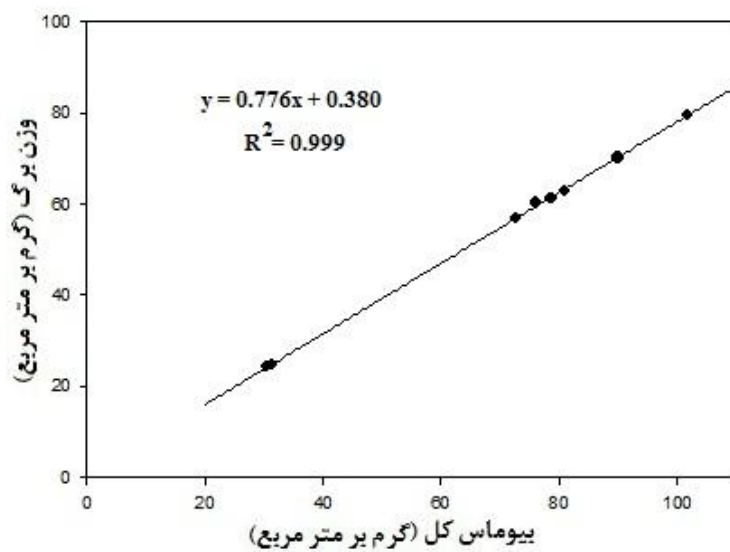
شکل 4-10 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 10 تا 20 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



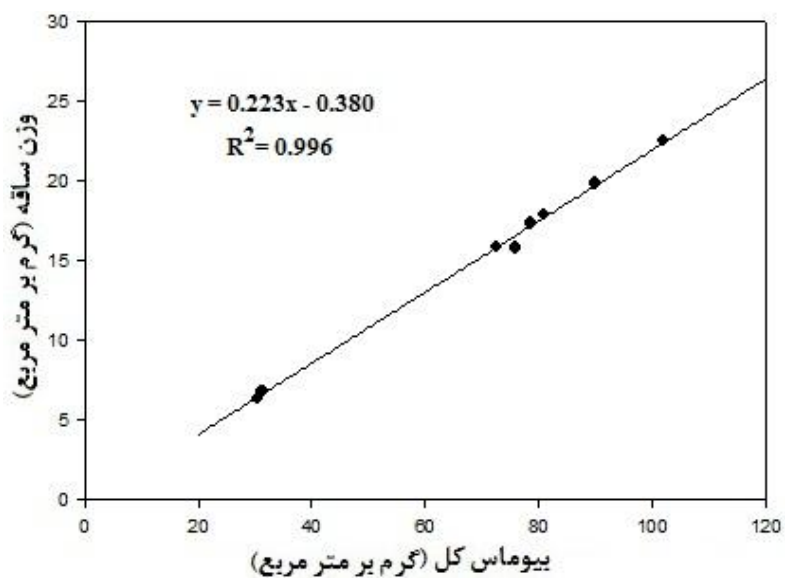
شکل 4-11 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



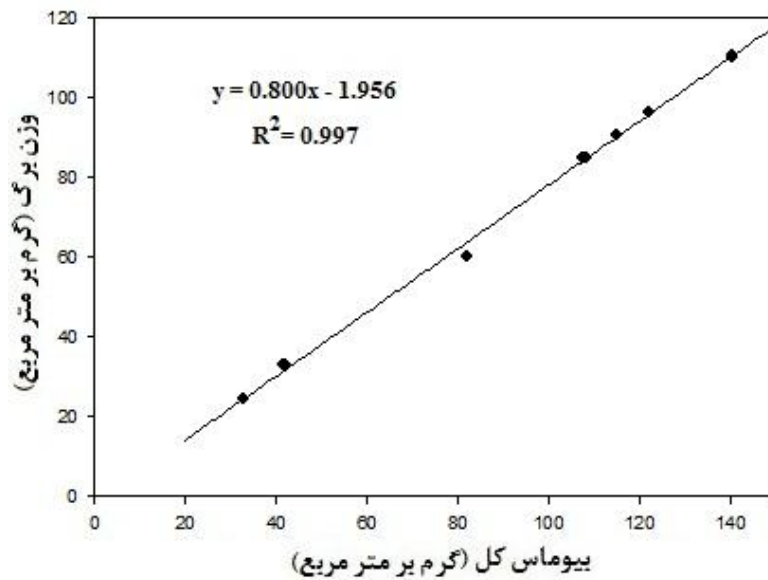
شکل 4-12 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



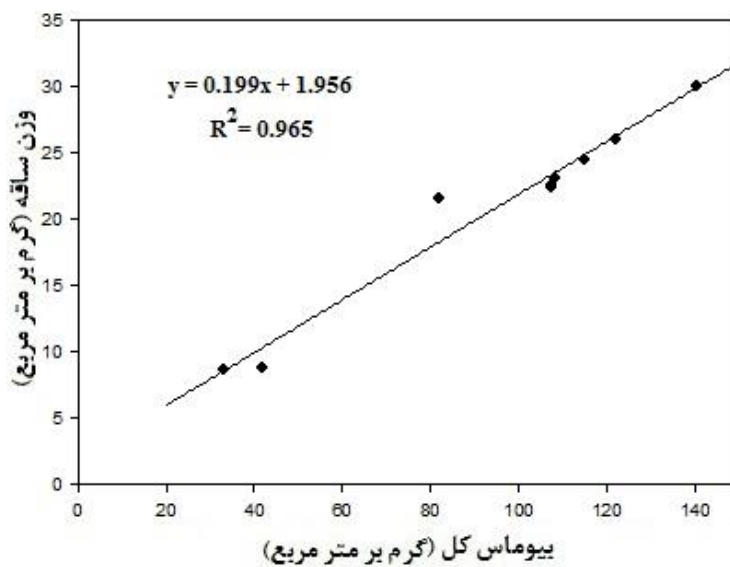
شکل 4-13 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



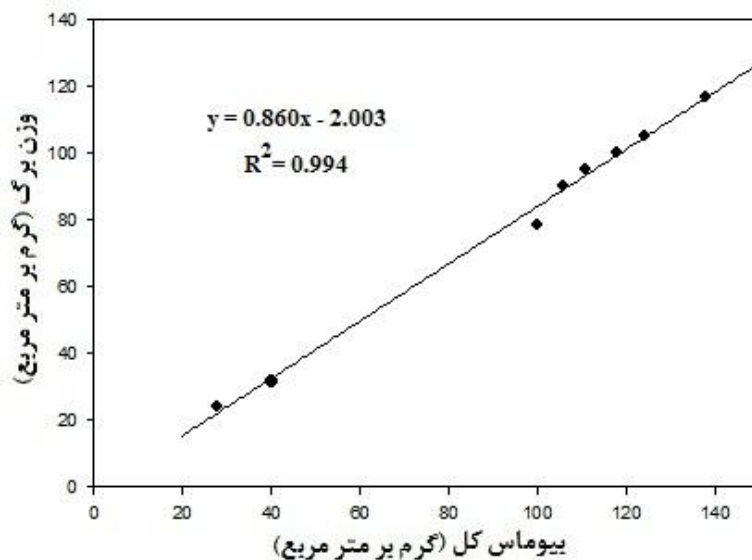
شکل 4-14 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



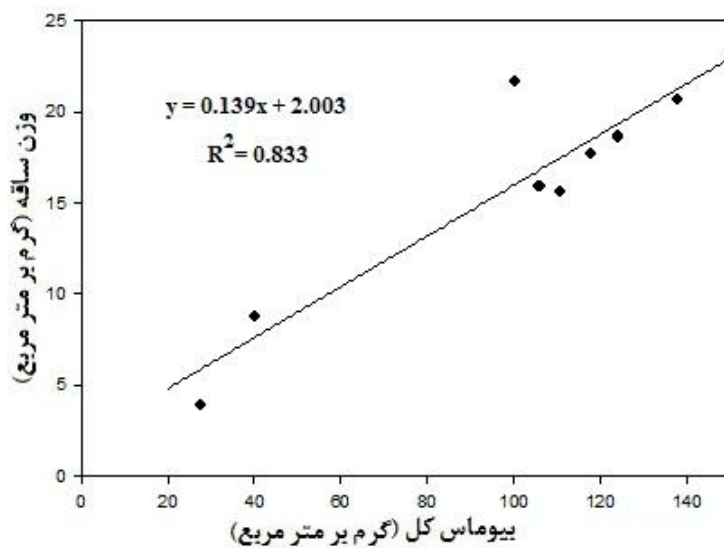
شکل 4-15 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



شکل 4-16 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 250 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



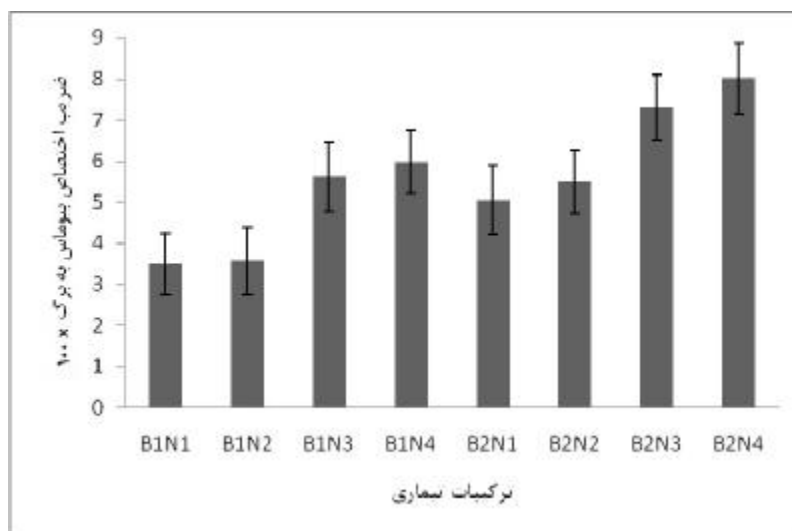
شکل 4-17 رابطه وزن خشک برگ و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن



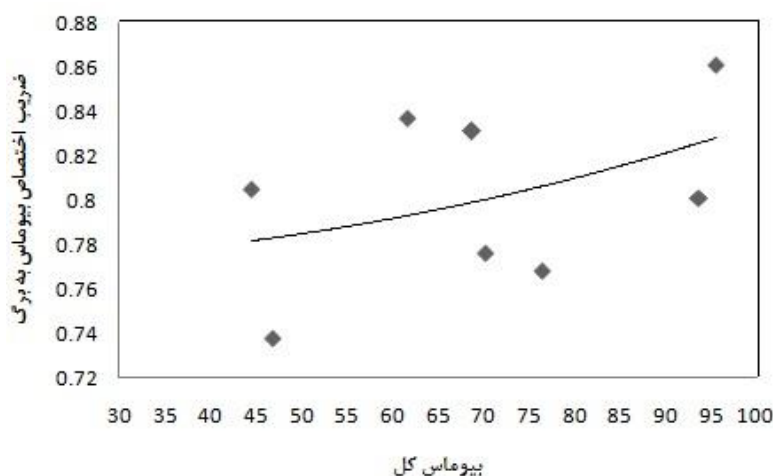
شکل 4-18 رابطه وزن خشک ساقه و بیوماس کل در شرایط کشت غده با وزن 20 تا 30 گرم و کاربرد 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن

جدول 1-4 ضریب تخصیص بیوماس تولیدی به ساقه و برگ و انحراف استاندارد آن برای سطوح تیمارهای مورد آزمایش

ساقه	برگ		نیترژن (کیلوگرم در هکتار)	وزن غده (گرم)
	خطای استاندارد	ضریب		
خطای استاندارد	خطای استاندارد	خطای استاندارد	خطای استاندارد	خطای استاندارد
0/011	0/262	0/011	0/738	100
0/002	0/195	0/002	0/805	200
0/008	0/169	0/008	0/831	250
0/008	0/232	0/008	0/768	300
0/011	0/163	0/011	0/837	100
0/005	0/224	0/005	0/776	200
0/015	0/199	0/015	0/801	250
0/025	0/139	0/025	0/861	300



شکل 19-4 ضریب اختصاص بیوماس به برگ (بر برگ) در ترکیبات تیماری مورد آزمایش. N1، N2، N3 و N4 به ترتیب معادل 100، 200، 250 و 300 کیلوگرم نیترژن در هکتار و B1 و B2 به ترتیب معادل غده با وزن 10 تا 20 گرم و غده با وزن 20 تا 30 گرم است.



شکل 4-20 رابطه ضریب ماده خشک اختصاص یافته به برگ با تولید ماده خشک در گیاه (بیوماس کل)

در این مطالعه چند مدل شبیه‌سازی سطح برگ موسیر با استفاده از پارامترهای طول و عرض برگ و روابط بین آن‌ها و نیز رابطه بین درجه حرارت روز رشد (GDD)، کربن و نیتروژن و سطح برگ بدست آمد که در جدول 4-2 نشان داده شده است. در این جدول مدل‌ها براساس R^2 بالا و MSD پایین مرتب شده‌اند.

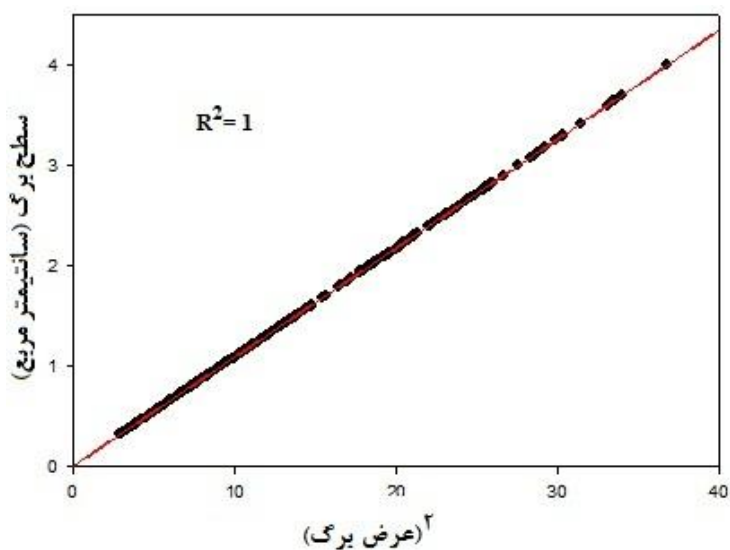
4-3 ارزیابی روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ

برای استفاده از روابط بین متغیرهای مستقل طول و عرض برگ با سطح برگ در روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ، ابتدا مقادیر VIF و T محاسبه گردید که به ترتیب مقادیر 1/58 و 0/62 بود. که با توجه به اینکه میزان VIF از 10 کمتر و میزان T از 0/1 بیشتر بود، می‌توان از هر دو متغیر طول و عرض برگ در آزمایش‌ها استفاده نمود.

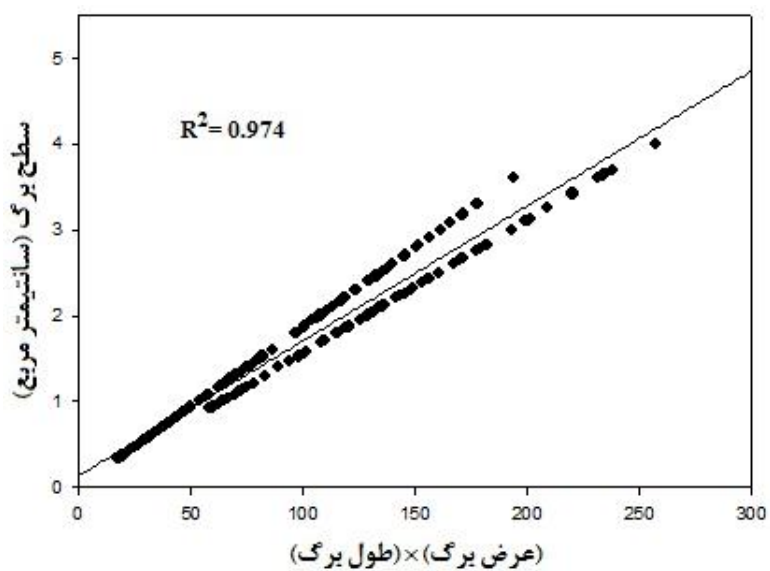
نتایج حاصل از راهکار اول در روش‌های مبتنی بر ابعاد برگ نشان داد که رابطه حاصل از توان دوم عرض برگ و حاصلضرب طول و عرض برگ گیاه دارای بالاترین R^2 و کمترین MSD، در نتیجه

مناسب‌ترین و دقیق‌ترین روش غیرتخریبی با استفاده از ابعاد برگ این گیاه بوده و معادله حاصل از رابطه‌ی کسری طول و عرض برگ گیاه دارای پایین‌ترین R^2 و بالاترین MSD، روشی کم دقت و نامطلوب شناخته شد (شکل 4-21 تا 4-24).

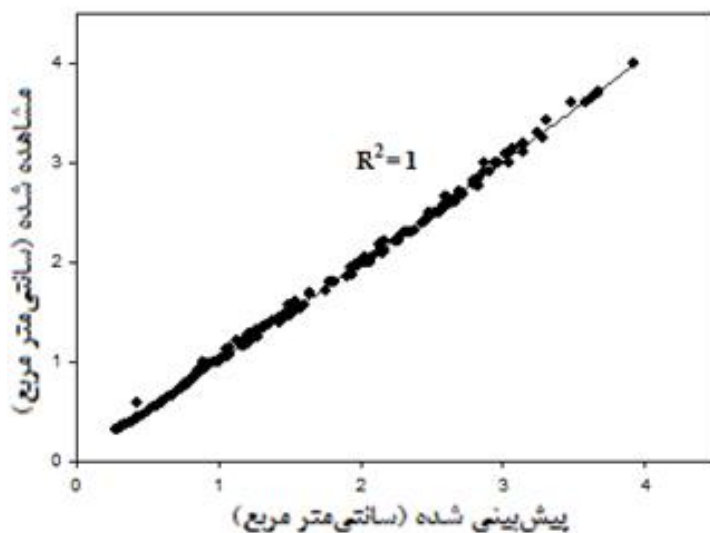
نتایج حاصل از روش فوق هماهنگ با مطالعات و تحقیقات قبلی سایر محققین برای پیش‌بینی سطح برگ بر اساس مدل‌های غیرتخریبی سطح برگ بود. به عنوان مثال ویلیامز و مارتینسن (2003) بهترین مدل برای تخمین سطح برگ دوگونه از گیاه انگور را مدل تک متغیره حاصل از مربع عرض برگ معرفی نمودند و بیان کردند که این مدل‌ها نسبت به مدل‌های دو متغیره آسان‌تر و امکان مشکل همبستگی بین طول و عرض برگ را کاهش می‌دهد و شرایطی فراهم می‌کند که کشاورز به راحتی با استفاده تنها یک ماشین حساب سطح برگ را محاسبه نموده و رابطه بین آن را با عواملی نظیر ظرفیت محصول، تنش‌ها (خشکی، سرما، ...) و آسیب حشرات و غیره را برآورد کند. چو و همکاران (2007) نیز در مورد ارائه بهترین مدل سطح برگ خیار، استفاده از مدل مربوط به رابطه عرض برگ گیاه را پیشنهاد نمودند. محققینی نظیر کاندیانان و همکاران (2009) در گیاه زنجبیل و کریستفوری و همکاران (2007) در گیاه فندق و پتدار و همکاران (1991) در دو رقم موز جهت تخمین سطح برگ، مدل خطی حاصل از حاصلضرب طول و عرض برگ گیاه را معرفی نمودند و بیان کردند که این مدل با درجه اطمینان بالایی توانایی برآورد سطح برگ به صورت غیرتخریبی در این گیاهان دارد.



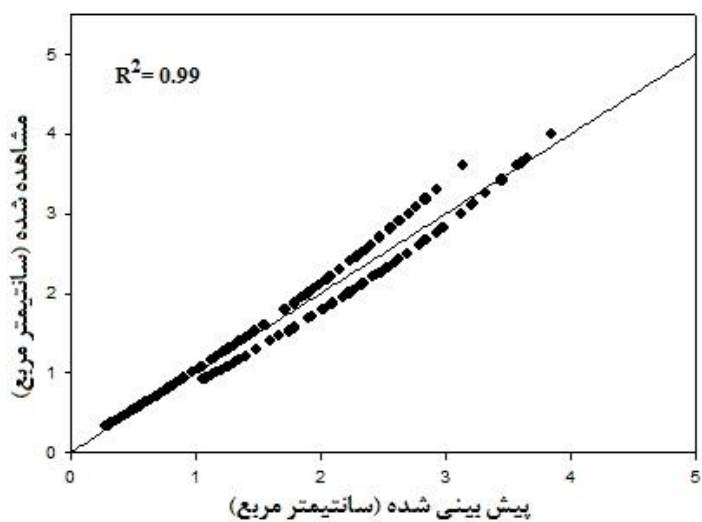
شکل 4-21. رابطه بین سطح برگ با توان دوم عرض برگ در برگ‌های منفرد موسیر (رگرسیون مورد استفاده از نوع چند جمله‌ای می‌باشد)



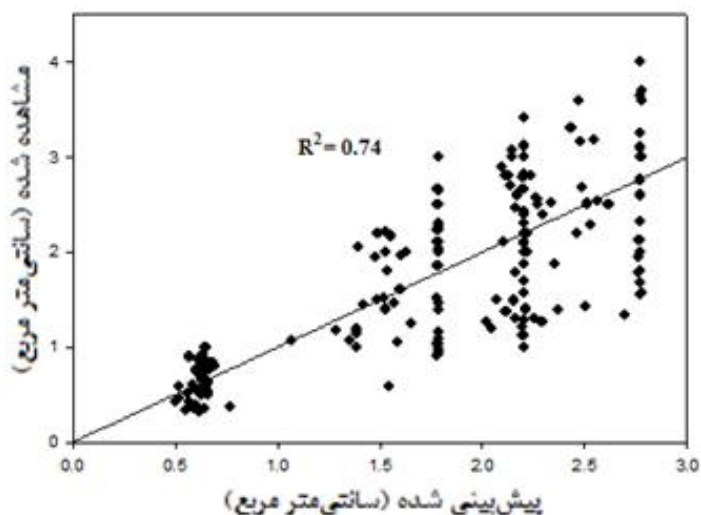
شکل 4-22. رابطه بین سطح برگ با طول برگ × عرض برگ در برگ‌های منفرد موسیر (رگرسیون مورد استفاده از نوع چند جمله‌ای می‌باشد).



شکل 4-23. روابط بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 1، مندرج در جدول 4-2

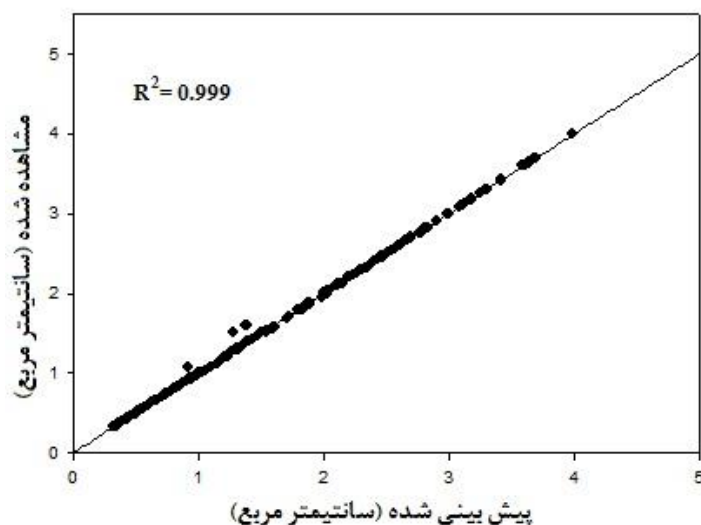


شکل 4-24. روابط بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 2، مندرج در جدول 4-2



شکل 4-25. روابط بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 12، مندرج در جدول 4-2

مک کی (1964)، پیرس و همکاران (1975) و دویر و استوارت (1986)، یک معادله عمومی، که در روش دوم ارائه شد، را برای برآورد سطح برگ ذرت (*Zea mays* L) پیشنهاد نموده‌است. مقدار ضریب معادله (ϵ) برای گیاه فوق توسط مونتگومری، 0/754 برآورد شد که دقیق‌ترین پیش‌بینی از سطح برگ را خواهد داشت. دیگر محققین این مقدار را بین 0/72 تا 0/79 بدست آوردند، بعنوان مثال: کیتینگ و وافولا (1992) 0/72، مک کی (1964) و دویر و استوارت (1986) و استوارت و دویر (1999) 0/73 محاسبه نمودند. ما در این مطالعه برای گیاه موسیر میزان (ϵ) را 0/018 بدست آوردیم. مک کی (1964) پیشنهاد نمود کل سطح برگی که با ضرب مجموع طول و عرض همه برگ‌های گیاه می‌توان تخمین زد، 6/67 است.



شکل 4-26. روابط بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 3، مندرج در جدول 4-2

4-4 ارزیابی روش مبتنی بر اثر اقلیم

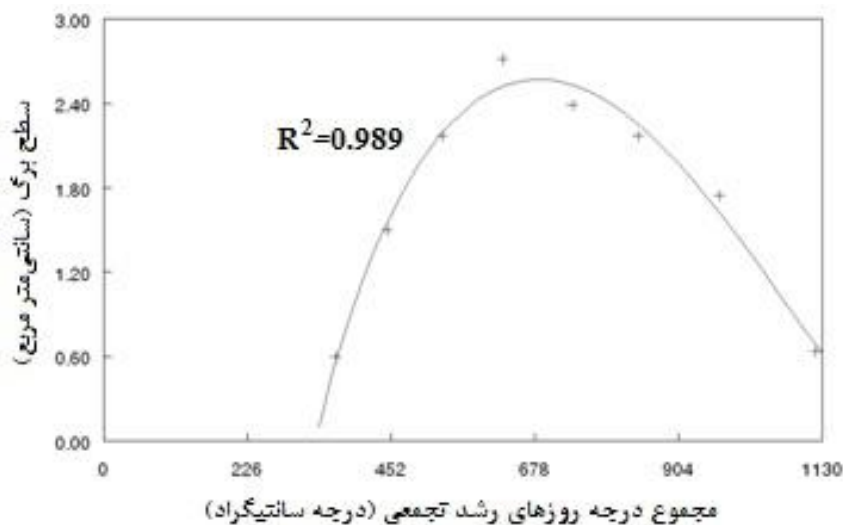
حاتمی و همکاران (1389) اظهار داشتند که بهترین رابطه‌ای که توانست تغییرات سطح برگ گیاه سویا را در تیمارهای مختلف طی فصل رشد توضیح دهد، معادله‌ی $LA = \text{Exp}(a' + b'H + c'H^2)$ بود، که در آن LA سطح برگ اندام‌های هوایی و H میزان GDD تجمعی پس از کاشت می‌باشد. تروئل و همکاران (1997) نیز جهت مدل‌سازی شاخص سطح برگ گیاه نیشکر از تابع نمایی توانی بین GDD و LAI استفاده نمودند که متناسب با منحنی تکامل شاخص سطح برگ بود به طوری‌که در مرحله‌ی اول رشد آهسته، به دنبال آن یک مرحله رشد سریع و سپس رشد آهسته یا فاز تثبیت و در نهایت مرحله‌ی کاهش در شاخص سطح برگ را در برداشت.

تابع بتا، به طور معمول به عنوان یک تابع چگالی احتمال اریب در آمار استفاده می‌شود و توسط یین و همکاران (1995) برای توصیف اثر دما بر سرعت رشد و توسعه محصول با استفاده از سه دمای کاردینال، یعنی دمای پایه (T_b)، دمای بهینه (T_o) و دمای حداکثر یا سقف (T_c) مطرح شد. این تابع در محصولات مختلفی از جمله گندم زمستانه (ونگ و انگل، 1998)، تیل (*Cucumis melo L.*) (استرک،

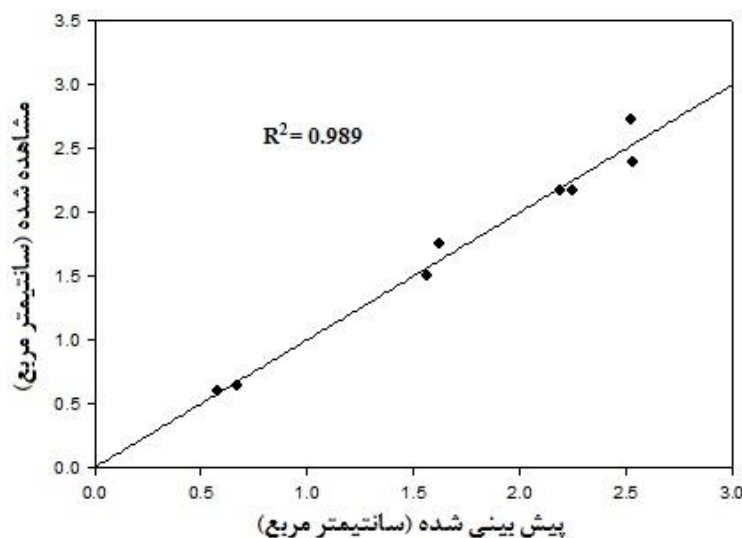
2002a) و کیوی (*Actinidia deliciosa*) (استرک، 2003) استفاده شده است و در اکثر مطالعات نسبت به سایر توابع دارای انحراف کمتری بوده است.

در این مطالعه، معادله برازش شده برای پیش‌بینی سطح برگ با استفاده از مقدار مجموع درجه روزهای رشد که از تابع بتا پیروی می‌کند به صورت زیر می‌باشد که منحنی مربوط به این معادله نیز در شکل 4-27، نشان داده شده است:

$$LA_i = \exp(-13.47) ((GDD_i - 334.79)^{0.88}) (1262.98 - GDD_i)^{1.46} \quad \text{معادله (1-4)}$$



شکل 4-27. رابطه بین سطح برگ با مجموع درجه روزهای رشد تجمعی (GDD) با استفاده از تابع بتا



شکل 4-28. روابط بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 11، مندرج در جدول 4-2

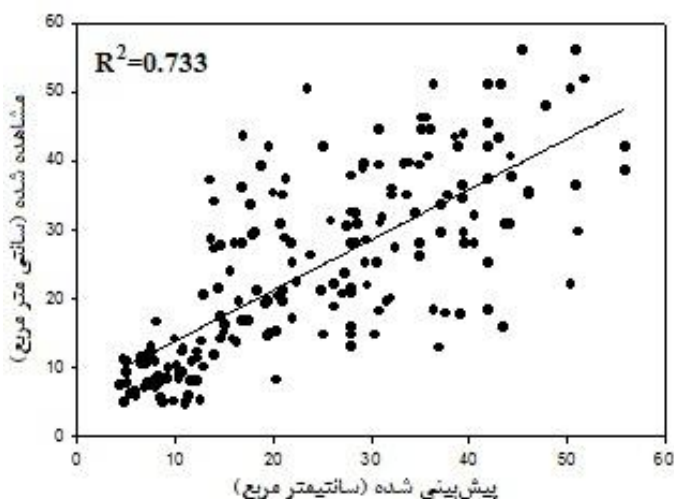
5-4 ارزیابی روش مبتنی بر کربن برگ

پنینگ و همکارانش در سال 1989، جهت برآورد شاخص سطح برگ گیاهان یک ساله از بیوماس برگ با بکارگیری پارامتر سطح ویژه برگ استفاده نمودند و با فرض اینکه سطح برگ تنها با جذب یا تامین کربن محدود شده است. شاخص سطح برگ برآوردی از میزان فتوسنتز گیاه بوده و پیش‌بینی آن برای تخمین میزان تشعشع دریافت شده و تولید ماده خشک مورد نیاز است. وزن خشک گیاه مابه تفاوت CO_2 جذب شده (فتوسنتز) و CO_2 دفع شده (تنفس) گیاه می‌باشد.

به علت این که سطح ویژه برگ¹ سطح برگ‌ها را نسبت به وزن خشک آن‌ها می‌سنجد، معیاری از وزن مخصوص یا نازکی نسبی است. هرچه مقدار این کمیت زیادتر باشد، نشان‌دهنده نازکی بیشتر برگ و کارایی بیشتر آن در فتوسنتز است (کریمی و عزیز، 1373) و نسبت وزن برگ² نشان‌دهنده نسبت بین وزن خشک برگ به کل وزن خشک گیاه و بیان‌کننده نسبت بافت‌های فتوسنتزی در کل گیاه بر حسب وزن گیاه می‌باشد. از معادله‌های 3-4 و 3-5 علاوه بر اینکه به‌عنوان روشی جهت برآورد شاخص سطح

¹ -SLA
² -LWR

برگ به کار برده شد، می توان به عنوان مدل هایی جهت پیش بینی اثر کربن روی سطح برگ استفاده نمود. این مدل ها با در نظر گرفتن تراکم 14 بوته در مترمربع، دارای RMSE، 39/44 درصد و R^2 ، 0/733 هستند. با توجه به اینکه مقدار RMSE بیشتر از 30% می باشد در نتیجه دقت این مدل ها ضعیف برآورد می شود (شکل 4-29).



شکل 4-29. رابطه بین سطح برگ پیش بینی شده و مشاهده شده در مدل 14 و 15، مندرج در جدول 4-2

4-6 ارزیابی روش مبتنی بر نیتروژن برگ

یین و همکارانش (2000) یک رابطه ی کلی لگاریتمی برای شاخص سطح برگ در رابطه با ظرفیت نیتروژن پوشش گیاهی ارائه دادند. در سال 2003، یین و همکارانش دو نوع رابطه بین LAI و نیتروژن برای هر یک از پوشش های گیاهی توسعه یافته و جوان، در مراحل مختلف رشد و نمو بدست آوردند. در پوشش های گیاهی کامل توسعه یافته که برگ های پایین آن بعلت کمبود نیتروژن پیر شده اند، می توان رابطه ی بین نیتروژن و LAI را با استفاده از مدل لگاریتمی بدست آمده توسط یین و همکاران (2000) به خوبی برآورد نمود. برای پوشش های جوان و باز (یعنی $LAI > 1$) رابطه بین LAI و N تقریباً خطی است. این رابطه خطی در حقیقت حالتی خاص از مدل لگاریتمی بوده و زمانی که برای پوشش گیاهی جوانی که

کل محتوای نیتروژن آن به صفر می‌رسد و مقدار نیتروژن در پایین‌ترین برگ‌ها بیشتر از نیتروژن پایه است، استفاده می‌شود.

معادلاتی که برای مدل‌سازی سطح برگ از طریق مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده برگ در تیمارهای نیتروژنی اعمال شده، استفاده شد، ابتدا معادله‌ی:

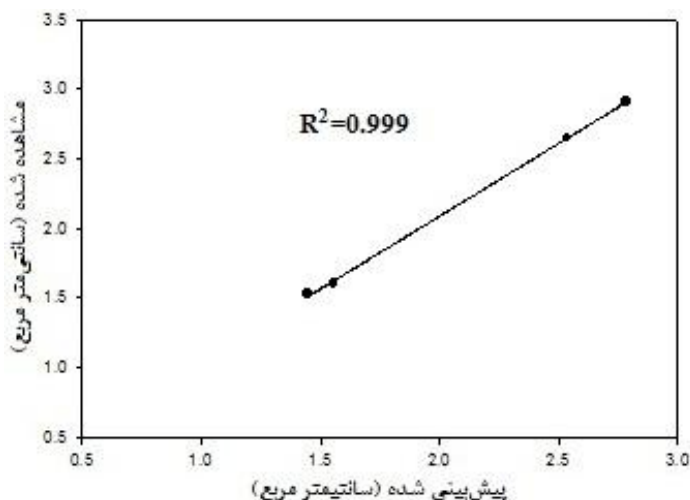
$$y = 95.64 + \frac{92.46}{(1 + \exp(-\frac{(x - 231.26)}{12.93}))} \quad \text{معادله (2-4)}$$

بود، که همانطور که گفته شد y ، حاصلضرب طول و عرض برگ گیاه و x ، مقدار نیتروژن ورودی است و سپس با قرار دادن حاصل معادله فوق در رابطه‌ی:

$$LA = 0.017x^{0.974} \quad \text{معادله (3-4)}$$

سطح برگ محاسبه می‌شود، که x در آن، حاصلضرب طول و عرض است. این مدل دارای RMSE، 4/49% و R^2 ، 0/99 می‌باشد که این نشان‌دهنده‌ی قدرت و دقت بالای پیش‌بینی این مدل است (شکل 4-30).

از روابط فوق در مورد مدل‌سازی سطح برگ از طریق میزان نیتروژن ورودی نیز می‌توان به عنوان روشی جهت برآورد اثر نیتروژن روی سطح برگ یاد نمود.



شکل 4-30. رابطه بین سطح برگ پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مدل 4، مندرج در جدول 2-4

جدول 2-4 مدل ها و میزان R^2 ، MSD و RMSE حاصل از رگرسیون گیری بین پارامترهای مختلف در برگ گیاه موسیر

شماره مدل	مدل حاصل	R^2	MSD	SE	ESD	LCS	RMSE
1	$LA=0.00005(W^2)^2+0.999(W^2)$	1	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
2	$LA= -0.001(L\times W)^2 +1.005 (L\times W) -0.003$	0/999	0/00	0/00	0/00	0/00	0/01
3	$LA=0.018 (L\times W)$	0/999	0/0	0/0	0/00	0/00	0/01
4	روش مدل سازی سطح برگ با استفاده از تیمارهای نیتروژن ورودی	0/999	0/0	0/0	0/0	0/00	0/04
5	$LA = -0.018W^2 + 1.066W - 0.045$	0/998	0/00	0/00	0/00	0/00	0/02
6	$LA= -0.004(L^2+W^2)^2+1.013(L^2+W^2) -0.006$	0/997	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04
7	$LA = -0.004(L^2)^2 + 1.013(L^2) - 0.006$	0/997	0/00	0/00	0/00	0/00	0/02
8	$LA = -0.023(L+W)^2 +1.084(L+W) - 0.054$	0/994	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04
9	$LA = -0.025(L)^2 + 1088(L) - 0.055$	0/993	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04
10	$LA = 0.029(L^2\times W^2)^2+0.881(L^2\times W^2)+ 0.090$	0/993	0/00	0/00	0/00	0/00	0/04
11	$LA=\exp(-13.47)((GDD-334.79)^{0.88} (1262.98-GDD)^{1.46}$	0/989	0/01	0/00	0/00	0/01	0/059
12	$LA = 1.154(L/W)^{0.750}$	0/746	0/3	0/00	0/03	0/28	0/32
13	$LA = 1.154(W/L)^{0.750}$	0/746	0/3	0/00	0/03	0/29	0/32
14	$LA = SLA \times LWR \times W_t$	0/733	92/742	0/00	0/00	92/742	0/394
15	$LA = SLA \times w_{leaf}$	0/733	92/742	0/00	0/00	92/742	0/394

همانطور که در جدول 4-2، شامل روش‌های استفاده شده جهت برآورد سطح برگ این گیاه، مشاهده می‌شود، مدل شماره 1 (مدل حاصل از رگرسیون برای پارامتر توان دوم عرض) دارای بالاترین ضریب همبستگی و پایین‌ترین خطا است و مدل‌های شماره 14 و 15 (مدل حاصل از بکارگیری اثر کربن روی سطح برگ) کمترین R^2 و بالاترین MSD را دارا می‌باشند. می‌توان نتیجه گرفت که مناسب‌ترین مدل شبیه‌سازی شده برای تخمین سطح برگ در گیاه موسیر مدل شماره 1 (شکل 4-23) می‌باشد و مدل غیرقابل قبول برای تخمین سطح برگ این گیاه، مدل‌های شماره 14 و 15 است. این دو مدل (14 و 15) نتایج یکسانی را نشان دادند.

از آنجایی که یکی از عوامل موثر بر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تاثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. کربن یکی از فاکتورهای کلیدی تاثیرگذار بر رشد و نمو گیاهان است و تغییرات آن در اتمسفر از مشخصه‌های تغییر اقلیم بوده و به میزان زیادی بر بهره‌دهی جهانی بخش کشاورزی اثر می‌گذارد. به همین دلیل بررسی این دو فاکتور بر سطح برگ به‌عنوان یکی از عواملی که می‌تواند رشد یک گیاه را به‌صورت کمی درآورد، اهمیت دارد. در این بررسی اثر کربن و نیتروژن روی سطح برگ این گیاه نیز با توجه به میزان RMSE حاصله نیز می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که اثر نیتروژن روی سطح برگ (RMSE=%4/49) نسبت به کربن (RMSE=%44/39) بیشتر است. با این حال، توجه کمی به اثر نیتروژن و کربن بر شاخص سطح برگ در بررسی مدل‌سازی محصول شده‌است.

4-7 نتیجه‌گیری

ارزیابی مدل‌های حاصله با استفاده از داده‌های مستقل نشان داد که سطح برگ گیاه موسیر را می‌توان بطور دقیق و سریع با استفاده از این مدل‌ها برآورد نمود. با توجه به اینکه این گیاه در ایران از لحاظ بهره‌برداری از منابع طبیعی به دلیل شرایط ویژه زیستگاه و زادآوری، جزء گیاهان غیرمجاز برای بهره‌برداری محسوب می‌شود و متاسفانه تاکنون تمامی نیاز به این گیاه با ارزش دارویی و صنعتی هنوز

هم از طبیعت تأمین می‌شود لذا افزایش تقاضا برای این گونه می‌تواند سبب تخریب و بهره‌برداری بی‌رویه از آن در طبیعت گردد (باریل و همکاران، 2005). بنابراین برآورد و مدل‌سازی سطح برگ این گیاه بدون نمونه‌گیری تخریبی، کارایی و اهمیت این روش‌ها را افزایش می‌دهد. از سویی با توسعه کشت گیاهان دارویی به نظر می‌رسد این معادله‌ها در شرایطی که تجهیزات لازم در اختیار محققان نباشد، برآوردی منطقی و قابل قبول برای مدل‌سازی رشد گیاه ارائه دهند، علاوه بر این امروزه سعی می‌شود که از روش‌های غیرتخریبی برای تخمین سطح برگ استفاده شود و یکی از مزیت‌های بزرگ این مدل‌ها، غیرتخریبی بودن این مدل‌ها می‌باشد.

فهرست منابع

- اسدیان، ق، ح. جلیلی، ج. فرامرزی و پ. باباخاندار. 1379. کشت و اهلی کردن موسیر (*Allium hirtifolium L.*) در همدان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
- اکرم‌قادری، ف، الف. سلطانی و ج. رضایی. 1382. برآورد سطح برگ در ارقام پنبه با استفاده از ویژگی‌های رویشی گیاه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. 11 (1): 15-23.
- امام، ی. و م. نیک‌نژاد. 1373. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. 571 صفحه.
- امین، م، ح. کوشاپور و م. پل زاده. 1380. تاثیر عصاره آبی موسیر بر روی عفونت سودوموناس آئروژینوزا متعاقب سوختگی در رات. خلاصه مقالات چهارمین کنگره میکروبی‌شناسی، تهران دانشگاه شاهد. صفحات 195- 216.
- امیددییگی، ر. 1374. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی جلد (1). انتشارات فکروز.
- ایلکایی، م. ن، ف. پاک نژاد، م. زاوه، م. اردکانی، ع. کاشانی، ف. گل زردی. 1389. مدل پیش‌بینی سطح برگ در سویا (*Glycine max L.*)، یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، 3345 صفحه.
- توکلی صابری، م. و م. صداقت. 1379. گیاهان دارویی. انتشارات روزبهان، تهران، 241 صفحه.
- جوادزاده، س. م. 1376. اثر روش‌های کاشت، مقادیر مختلف کود ازت و تراکم بوته بر کمیت و کیفیت گیاه گاوزبان (*Borago officinalis L.*). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت.
- حاتمی، ح، آینه بند، ا، عزیزی، م، سلطانی، ا. و دادخواه، ع. ر. 1389. تاثیر کود پتاسیم بر رشد و عملکرد ارقام سویا در خراسان شمالی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، 2 (2).

- حسام عارفی، ا. 1390. مطالعه نیاز عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و بررسی تاثیر آنها بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی موسیر (*Allium altissimum*). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.
- خودریان، ج، ا. وان لار و م. بنایان، 1381. ساخت و کاربرد مدل‌های شبیه سازی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- خیرخواه، م. و ع. دادخواه. 1388. مطالعه فنولوژی موسیر (*Allium altissimum Regel*) و بررسی چگونگی زراعی کردن آن. پژوهش و سازندگی، 82: 19-28.
- ساجدی، ن. ع. و م. ر. اردکانی. 1387. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. 6 (1): 99-110.
- سازمان هواشناسی کشوری. 1388. آمار هواشناسی کشوری. [http:// www.Irimo.ir](http://www.Irimo.ir)
- سپهری، ع. س. ع. م. مدرس ثانوی، ب. قره ریاضی و ی. یمینی. 1381. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو و عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. 4 (3): 184-200.
- سلطانی، ا. 1388. مدل سازی ریاضی در گیاهان زراعی. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه: 78-79.
- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. 1368. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 467 صفحه.
- صمصام شریعت، ه. 1374. پرورش و تکثیر گیاهان دارویی، انتشارات مانی.
- کریمی، م. 1388. شبیه‌سازی تاثیر دما و طول روز بر فنولوژی و انتقال مجدد ماده خشک به دانه در لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- کریمی، م و م. عزیزی. 1373. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. (ترجمه). جهاد دانشگاهی مشهد. 111 صفحه.

- کریمیان فریمان، ز، آ. موسوی بزاز و م. بنیان اول. 1391. مدل‌سازی سطح برگ گیاه دارویی بادرشی (*Dracocephalum moldavica* L.) با استفاده از روش‌های تخریبی و غیرتخریبی. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. 28 (1): 176-186.

- کوچکی، ع. 1377. زراعت در مناطق خشک، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول.

- کوچکی، ع. و م. خواجه حسینی. 1387. زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 704 صفحه.

- کوچکی، ع. و م. بنیان اول. 1375. مدل‌سازی در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

- کوره‌پز محمودآبادی، س. و م. عزیزی. 1384. معرفی گیاه دارویی *Echinacea pallida* و بررسی سازگاری کاشت آن در شرایط آب و هوایی مشهد. همایش ملی توسعه پایدار گیاهان دارویی، مشهد: 357-358.

- لک، ش، ع. مدحج، م. علوی فاضل، م. مجدم و م. گوهری. 1389. اثر تنش کمبود آب، سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد ذرت هیبرید سینگل کراس 704 در شرایط خوزستان - رامین. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره 2: 45-66.

- نصیری محلاتی، م. 1379. مدل‌سازی فرآیندهای رشد گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ص 102

- Acock, B., Charles-Edwards, D. A., Sawyer, S. 1979. Growth response of a chrysanthemum crop to the environment. II: Effect of radiation and temperature on dry matter partitioning and photosynthesis. Ann. Bot. 44: 289-300.

- Akram-Ghaderi, F. and Soltani, A. 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown in a temperate sub-humid environment. International J. of plant production 1: 63-71

- Arias, E., Fernandez, M. and Telleria, T. 1989. Modified method for determining foliar area in leaf samples of Valencia orange. *Hortic. Abs.*, 59: 9508-9508.
- Arkebauer, T. J., Norman, J. M., Sullivan, C. Y. 1995. From cell growth to leaf growth. III. Kinetics of leaf expansion. *Agron. J.* 87: 112-121.
- Baker, C. H., Horrocks, R. D., Goering, C. E. 1975. Use of the Gompertz function for predicting corn leaf area. *Trans. ASAE* 18: 323-326.
- Bannayan, M., Kobayashi, K., Kimc, H., Liefferingd, M., Okadae, M., Miuraf, sh. 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO₂ and N on rice growth and yield. *Field Crops Res.* 93 : 237–251.
- Baril, E., Capasso R., Izzo A., Lanzotti V., Sajjadi S. E., and Zolfaghari B. 2005. Structure activity relationships for saponins from *Allium hirtifolium* and *Allium elburzense* and their antispasmodic activity. *Planta Medica.* 71: 1010-1018.
- Birch, C. J., Hammer, G. L., Rickert, K. G. 1998. Improved methods for predicting individual leaf area and leaf senescence in maize (*zea mays*). *Aust. J. Agric. Res.* 49: 249-262.
- Blanco, F. F. and Folegatti, M. V. 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Sci. Agric.* 62:305–309.
- Block, E., Birringer, M., Jiang, W., Nakahodo, T., Thompson, H. J., Toscano, P. J., Uzar, H., Zhang, X., and Zhu. Z. 2001. *Allium* chemistry: synthesis, natural occurrence, biological activity and chemistry of se-alk(en)ylselenocysteines and their g-glutamyl derivatives.
- Booi, R., Kreuzer, A. D. H., Smit, AL. and Van der Werf, W. 1996. Effect of nitrogen availability on dry matter production, nitrogen uptake and nitrogen interception of Brussels sprouts and leeks. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 3-9
- Breda, N. J. J. 2003. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany* 54 (392): 2403–2417.

- Caldas, L. S., Bravo, C., Piccolo, H. and Faria, C. 1992. Measurement of leaf area with a hand- scanner linked to a microcomputer. *R Bras Fisiol Veg* 4:17–20.
- Carberry, P. S., Muchow, R. C. and McCown, R. L. 1989. Testing the CERES-Maize simulation model in a semi-arid tropical environment. *Field Crops Res.* 20: 297-315.
- Céline Leroy Æ Laurent Saint-André Æ Daniel Aucla. 2007. Practical methods for non-destructive measurement of tree leaf area. *Agroforest Syst.* 71: 99–108.
- Cho, Y.Y., Oh, S., Oh, M.M., Son, J.E. 2007. Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value. *Sci. Hort.* 111, 330-334.
- Cristofori, Y., Roupahel, E., Mendoza-de, G., and Bignami., C. 2007. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements, *Sci. Hortic.* 113: 221–225.
- Dale, R. F. and Coelho, D. T. 1980. Prediction of daily green leaf area index for corn. *Agron. J.* 72: 999-1005.
- Daughtry, C. 1990. Direct measurements of canopy structure. *Remote Sens. Rev.* 5: 45–60.
- Daughtry, C. S. T. and Hollinger, S. E. 1984. Costs of measuring leaf area index of corn. *Agron. J.* 76: 836-841.
- D'Angelo G.H., Postulka E.B., and Ferrari L. 2005. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenatherum elatius*. *Grass and Forage Science* 60(1):17-24.
- De Jesus, W. C., Dovale, F. X. R., Coelho, R. R. and Costa, L. C. 2001. Comparisons of two methods for estimating leaf area index on common bean. *Agron. J.* 93: 989-991.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L. and Öztürk, A. 2005. Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. – *Fruits* 60: 69-73.
- Dwyer, L.M., Stewart, D.W. 1986. Leaf area development in field-grown maize. *Agronomy J.* 78: 334–343.

- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville. 368 pp.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., Mitchell, R. L. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State Univ. press, Ames. p187-208.
- Ghahreman, A. 1984. Color Atlas of Iranian Plants. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands.
- Gholipouri, A., Sharifi, R. S., Sadeghi, M., Heydari, A. 2009. Modeling growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Recent Research in science and technology 1(5):239-242.
- Gohari, J., Rouhi, A. 1994. Prediction of leaf area in sweet beet. Sci. & Technol. J. 9: 1-12.
- Goudriaan, J., Van Laar H. H. 1994. Modeling potential crop growth processes. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hammer, G. L., Carberry, P. S., and Muchow, R. E. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Res., 33: 293-310.
- Hanelt, P., Schultze, J., Fritsch, R., Kruse, J., Maass, H. I., Ohle, H., and Pistrick, K. 1992. Infrageneric grouping of *Allium* – the Gatersleben approach. p. 107-123.
- Hesketh, J. D., Myhre, D. L., and Willey, C. S. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. Crop Sci. 13: 250-254.
- Heuvelink, E. 1999. Evaluation of a dynamic simulation model for tomato crop growth and development. Annals of Botany 83: 413-422.
- Hunt, R., Parsons, I. T. 1974. A computer program for deriving growth functions in plant growth analysis. J. Appl. Ecol. 11: 297-307.
- Johnson, R. E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. Agron. J. 59: 493-494.
- Jones, C. A., Kiniry, J. R. 1986. CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development. A&M University Press, College Station, TX.

- Kamenetsky, R. 1996. Life cycle and morphological features of *Allium L.* species in connection with geographical distribution. *Bocconea* 5: 251-257.
- Keating, B.A., Wafula, B.M. 1992. Modeling the fully expanded area of maize leaves. *Field Crops Research*, 29: 163–176.
- Korva, J. T., and Forbes, G. A. 1997. A simple and low-cost method for leaf area measurement of detached leaves. *Exp. Ag.*, 33: 65-72.
- Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K. S., Thankamani, C. K., Srinivasan, V. 2009. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. *Scientia Horticulturae* 120: 532–537.
- Lieth J.H., Pasian C.C. 1991. A simulation model for the growth and development of flowering rose shoots. *Scientia Horticulturae* 46: 109-128.
- Lieth, J.H., Reynolds, J.F., Rogers, H.H. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. *Field. Crop. Res.* 13: 193-203.
- Lizaso, J. I., Batchelor, W. D., Westgate. M. E. 2003. leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *field crops research* 80: 1- 17.
- Ma, L., Gardener, F. P., Selamat, A., 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop. Sci.* 32: 461-471.
- Martinz, M. C., N. Corzo and M. Villiamiel. 2007. Biological properties of onion and garlic. *Trends in Food Science& Technology* 18(12):609-625.
- McKee, G.W. 1964. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. *Agronomy J.* 56: 240-241.
- Mendoza-de Gyves, E., Roupael, Y., Cristofori, V., Mira, F.R. 2007. A non-destructive, simple and accurate model for estimation the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). – *Fruits* 62: 1-7.
- Mokhtarpour, H., Teh, C. B. S., Saleh, G., Selamat, A. B., Asadi, M. E., Kamkar, B. 2010. Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using leaf length and leaf width. *Communications in Biometry and Crop Sci.*, 5: 19-26.

- Monsi, M., Saeki, T., 1953. U ¨ber den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine bedeutung f ¨ur die Stoff-production. *Jpn. J. Bot.* 14 (1): 22–52.
- Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies in corn. *Nebraska Agr Exp Sta Annu Rep.* 24: 108–159.
- Nassiri, M., and Elgersma, A. (2004). Leaf nitrogen distribution and canopy assimilation in grass-clover mixtures. *Proceeding of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation. Luzern, Switzerland.* pp. 103-105.
- Nassiri, M., and Elgersma, A. (1998). Vertical distribution of Leaf nitrogen and its relationship with photosynthesis in *Lolium perenne* and *Trifolium repense*. *Proceeding of the 17th General Meeting of the European Grassland Federation.* Debrecen, Hungary. pp. 103-105.
- Necdet, C., Ayan, A. K., and Esendal, E. 2005. Leaf area prediction model for safflower (*Cartamus tinctorius* L.). *Pakistan J. Biol. Sci.*, 8: 1541-1543.
- Nyakwende, E., Paull, C. J., Atherton, J. G. 1997. Non-destructive determination of leaf area in tomato plants using image processing. *J. Hortic. Sci.* 72: 225–262.
- Pearce, R.B., Mock, J.H., Bailey, T.B. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. *Crop sci.*, 15: 691-649.
- Penning de Vries, F. W. T., Jansen, D. M., ten Berge, H. F. M., Bakema, A. 1989. *Simulation of Ecophysiological Processes of growth in several annual crops.* Centre for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc), Wageningen, the Netherlands, 279p.
- Perry, M. W., Siddique, K. H. M., and Wallace, J. F. 1987. *Predicting phenological development of Australian wheats.* *AUST. J. Agric. Res.* 38: 809-819.
- Potdar, M. V., Pawar, K. R. 1991. Non-destructive leaf area estimation in banana. *Scientia Horticulturae* 45: 251–254.
- Reddy, V. R., Acock, B., Baker, D. N., Acock, M. 1989. Seasonal leaf area-leaf weight relationships in the cotton canopy. *Agron. J.* 81: 1-4.

- Rhoads, F. M., Bloodworth, M. E. 1964. Area measurement of cotton leaves by a dry weight method. *Agron. J.* 56: 520-522.
- Ritchie, J. T., Singh, U., Godwin, D. C., and Bowen, W. T. 1998. Cereal growth, development and yield. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 79–98.
- Roupael, Y., Rivera, C. M., Cardarelli, M., Fanasca, S., Colla, G. 2006. Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. *J. hortic. Sci. Biotechnol.* 81: 238- 241.
- Salerno, A., Rivera, C. M., Roupael, Y., Colla, G., Cardarelli, M., Pierandrei, F., Rea, E., Saccardo, F. 2005. Leaf area estimation of radish from simple linear measurements. – *Adv. hortic. Sci.*19: 213-215.
- Serdar, Ü., Demirsoy, H. 2006. Non-destructive leaf area estimation in chestnut. *Sci. Hort.* 108: 227-230.
- Setiyono, T. D., Weiss, A., Specht, J. E., Cassman, K. G., Dobermann, A. 2008. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions. *Field Crops Research* 108: 82-92
- Sivakumar, M. V. K. 1978. Prediction of leaf area index in soybean. *Ann. Bot.*, 42: 251-253.
- Sinclair, T. R. 1984. Leaf area development in field-grown soybeans. *Agron. J.*, 76: 141-146.
- Sinclair, T. R., and Seligman, N. G. 2000. *Criteria for publishing paper on crop modeling*. *Field Crops Res.* 68: 165–172.
- Solberg, S., Næsset, E., Hanssen, K. H., Christiansen, E. 2006. Mapping defoliation during a severe insect attack on Scots pine using airborne laser scanning. *Remote Sensing of Environment* 102 (3–4): 364–376.

- Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad Nejad, Y., and Rahemi Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field Crops Res.*, 99: 14-23.
- Stewart, D. W., Dwyer, L. M. 1994. A model of expansion and senescence of individual leaves of field-grown maize (*Zea mays L.*). *Can. J. Plant Sci.* 74: 37-42.
- Stewart, D.W., Dwyer, L.M. 1999. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. *Crop Sci.* 39: 422–427.
- Teruel, D.A., Barbieri, V., Ferraro Jr, L.A. 1997. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. *Sci. Agric. J.* 54: 39-44.
- Tewolde, H., Sistani, K. R., Rowe, D. E., Adeli, A., Tsegaye, T. 2005. Estimation cotton leaf area index nondestructively with a light sensor. *Agron. J.* 97: 1158-1163.
- Trapani, N., and Hall, A. J. 1996. Effects of position and nitrogen supply on the expansion of leaves of field – grown sunflower (*Helianthus annus L.*). *plant and soil*, 184: 331-340.
- Van Delden, A., Kropff, M. J., Haverkort, A. J. 2001. Modeling temperature and radiation-driven leaf area expansion in the contrasting crops potato and wheat. *Field crops Research* 72: 119-142.
- Van Henten, E.J. 1994. Validation of a dynamic lettuce growth model for greenhouse climate control. *Agricultural systems* 45: 55-72.
- Wendt, C. W. 1967. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton. *Agron. J.* 59: 484-486.
- Williams, L., Martinson, T.E., 2003. Nondestructive leaf area estimation of ‘Niagara’ and ‘DeChaunac’ grapevines. *Sci. Hort.* 98, 493-498.
- Yin, X., Lantiga, E. A., Schapendonk, A. H. C. M., and ZHong, X. 2003. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. *Annals of Botany* 91: 893-903.

- Yin, X., Schapendonk, A. H. C. M., Kropff, M. J., van Oijen, M., Bindranban, P. S. 2000. A generic equation for nitrogen-limited leaf area index and its application in crop growth models for predicting leaf senescence. *Ann. Bot.* 85: 579-585.
- Zhong, X. 1999. Physiological basis of tillering dynamics in rice (*Oryza sativa L.*) and its quantification. PhD Thesis, South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China (in Chinese with English abstract).

Abstract

Leaves are the primary photosynthetic organs and Leaf area production is one of important factors for energy transfer and accumulation of dry matter in crops. Leaf area is one of main variables which used to evaluate of growth, modeling and physiological-ecological processes such as photosynthesis, transpiration and energy balance and is a key variable for physiological studies, therefore accurate and simple models which determining leaf area of plants are important for many experimental comparisons. Nitrogen and carbon are elements that play key role in growth and development of plants. Therefore accurate and simple models determining leaf area of plants are important for many experimental comparisons , has important role in plant growth modeling. For this purpose, an experiment was carried out on shallot plant in research farm of Ferdowsi university of Mashhad in 2010. The experiment was conducted in factorial based on random complete blocks design which treatments were nitrogen (100, 200, 250 and 300 kg ha⁻¹) and weight of shallot bulb (10-20 g and 20-30 g) in 3 replication. For estimation of leaf area of this plant we measured the leaf dismensions [width (w) and length (L)], plant and leaf dry weight and the cumulative temperature was calculated using weather data. Various relationships including the model of the relationship between leaf dimension and leaf area, relationship between growth degree day and leaf area changes using the beta function, leaf area modeling with taking in to account the effect of carbon on the leaf area and creation relationships with leaf nitrogen input were employed to obtain the best model which can be used for estimating the area of individual of shallot leaves. Between all models studied in this experiment, $LA=0/00005 (W^2)^2 +0/999(W^2) + 0/0$ by ($R^2 = 1$, MSD = 0/0) provided the most accurate estimate, and $LA = SLA \times LWR \times W$ by ($R^2 = 0/733$, MSD = 92.724) showed the least estimate accuracy for shallot leaf area. the model which estimating effect of nitrogen on leaf area ($R^2=0.999$, RMSE=4.49%) had higher accuracy than the model that estimating carbon effect ($R^2=0.733$, RMSE=39.44%).

Key words: leaf area modeling, specific leaf area, leaf weight ratio, leaf dimension, growth degree day

