طراحی، ساخت و ارزیابی استفاده از فیلترهای لیزری نوری در سامانه شاخص سبزینگی گیاه

صمد نظرزاده اوغاز[*۱]،زهرا اکبری اوغاز[۲]، امین نظرزاده اوغاز[۳]،عباس مهدی نیا[۱]، سعید ظریف نشاط[۱]، محمد حسین سعیدی راد[۱]، مجتبی ناصری[۴]

۱- محقق و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی sanazarzadeh@yahoo.com
۲- مدرس و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
۳- دانشجو کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی
۴- مدرس مرکز آموزش جهاد کشاورزی خراسان رضوی

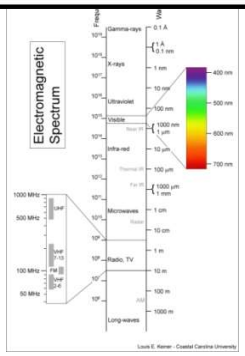
چکیده

فیلترهای لیزری نوری امروزه در کاربردهای بسیار وسیعی بکار گرفته میشود که از کاربردهای مهم آن در عرصه کشاورزی میتوان به تعیین شاخص های رشد گیاه و تشخیص وضعیت رشد آن مانند شاخص سبزینگی اشاره نمود. فرآیند فتوسنتز مهمترین فرآیند رشد گیاه میباشدکه با شاخص سبزینگی گیاهی قابل ارزیابی است. انجام این فرآیند بستگی به عوامل محیطی و همچنین میزان کلروفیل مناسب گیاه دارد که تشخیص میزان کلروفیل و در صورت نیاز تامین عناصر لازم مانند ازت جهت ترمیم کلروفیل گیاه میتواند در بهبود فرایند فتوسنتز موثر باشد. در این تحقیق با بکارگیری فیلترهای لیزری نوری در سامانه سبزیاب ، تشخیص میزان شاخص سبزینگی گیاهی(کلروفیل) مورد بررسی قرار گرفته است. سامانه سبزیاب متشکل از فیلترهای لیزری نوری، فتودیود، فتوترانزیستور و سامانه پردازش و تشخیص میباشد. بر اساس شدت نور بازگشتی از گیاه در دو طول موج قرمز و مادون قرمز فیلترشده، سپس اندازه گیری شدت نور توسط سامانه و پردازش و محاسبات لازم ، شاخص سبزینگی توسط سامانه محاسبه شده و بر اساس آن میتوان وضعیت رشد و سلامتی گیاه را تشخیص داد. جهت تفکیک و فیلتراسیون طول موج های مورد نظر برگشتی از گیاه در دو طول موج ۶۹۰ و ۸۵۰ نانومتر از فیلترهای لیزری نوری استفاده شده است که خروجی فیلترها توسط فتودیود و فتو ترانزیستور قابل اندازه گیری است. در این تحقیق کارآئی فیلترهای لیزری بخوبی اثبات شده و مقایسه نتایج اندازه گیری سامانه سبزیاب و همچنین نتایج دستگاه کلروفیل سنج نشان میدهد که همبستگی بسیار خوبی در حد ۸۹ ٪ بدست آمده است.

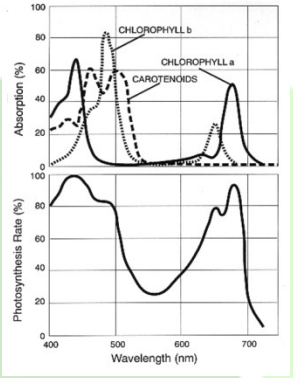
واژه های کلیدی: اشعه مادون قرمز، سامانه سبزیاب، فیلتر لیزری، نور قرمز

مقدمه

امواج الکترومغناطیس نور خورشید در طول موج های مختلف منتشر میگردد(شکل ۱). این طیف از طول موج های بسیاربزرگ شامل امواج بلند و رادیوئی با طول موج ۱۰۰۰ متر شروع و به طول موجهای بسیار کوچک شامل امواج گاما با طول موج ۰۱/. نانومتر ختم میگردد . فقط محدوده معینی از طیف الکترو مغناطیس نور خورشید قابل رویت توسط چشم انسان(Visible) میباشد که در محدوده طول موج ۴۰۰ نانو متر تا ۷۰۰ نانومتر قرار دارد. (تجلی و رابط،۱۳۸۲)



شکل ۱: طیف امواج الکترومغناطیس



شکل ۲: دامنه طیف قابل استفاده گیاهان

از طرفی گیاهان جهت انجام عملیات فتو سنتز (سوخت و ساز) از انرژی نورخورشید (فوتون) استفاده میکنند. در طی فرایند فتوسنتز بخشی از امواج الکترومغناطیس طیف نور خورشیددر طول موجهای ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر جهت فرایند سوخت وساز گیاهان جذب میگردد یعنی حداکثر طول موج جذب شونده توسط گیاه، نور قرمز با طول موج ۷۰۰ نانومتر است(شکل ۲). در صورتیکه میزان کلروفیل گیاه طبیعی باشد باید گیاه بتواند بخشی از امواج مورد نیاز در محدوده مطلوب را جذب و امواج با طول موج بیشتر از محدوده مطلوب را منعکس نماید. جهت ارزیابی وضعیت کلروفیل گیاه میتوان با اندازه گیری مقادیر طیف جذب شده و منعکس شده نسبت به ارزیابی وضعیت کلروفیل برگهای گیاه اظهار نظر کرد. بر این اساس شاخصی به نام شاخص نرمالیزه گیاهی (NDVI) تعریف شده که وضعیت سلامتی و سبزینگی گیاه را بیان میکند(Gated,2009).

شاخص نرمالیزه گیاهی که بیانگر میزان سبزینگی گیاه است، مطابق فرمول ذیل محاسبه میشود:

$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}}$$

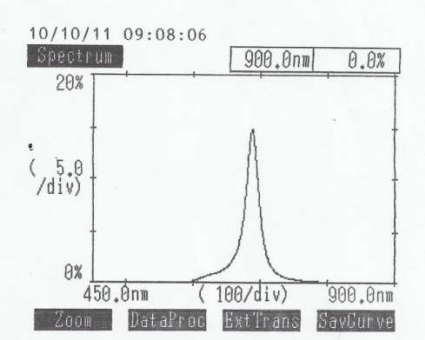
در فرمول فوق $NDVI, R_{nir}, R_{red}$ به ترتیب شدت اشعه بازگشتی با طول موج اشعه قرمز ، مادون قرمز از سطح گیاه و شاخص نرمالیزه گیاهی است که در این تحقیق با توجه به اهمیت طول موج های ۶۹۰ و ۸۵۰ نانومتر در فرآیند فتوسنتز، طول موج های فوق نظر گرفته شده است.(Devadas,2008:Heege,2008).بر این اساس میزان سبزینگی هر گیاه باید در محدوده مشخصی باشد. از طرفی این شاخص با میزان ازت خاک همبستگی بسیار خوب در حد ۹۰٪ داشته و با تامین ازت وضعیت سبزینگی و رشد گیاه بهبود می یابد(ملکوتی، ۱۳۷۶).

فیلترهای لیزری:

جهت فیلتراسیون و تفکیک طول موج مشخص طیف نوری، از فیلترهای لیزری نوری استفاده میشود.فیلترهای نوری جهت تفکیک و جداسازی طول موج مشخص از طیف نور و یا بخشی از طیف در محدوده مشخصی طراحی شده است. اساس کار این فیلترها بر پایه عبور طول موج مشخص از طیف و یا محدوده مشخص از آن و فیلتر کردن بقیه طیف میباشد. این فیلترها معمولا ازجنس نیمه هادی بوده که برای طول موج های مختلف ساخته میشود. فیلترها به سه نوع تقسیم میشود که شامل فیلترهای لیزری(Laser Line Filter)، فیلترهای کنارگذر(Edge Pass Filter) و فیلترهای پائین گذر (Band Pass filter) است. فیلترهای لیزری در محدوده باریک با طول موج مشخص نور را عبور میدهد در حالیکه فیلترهای کنارگذر بین دو طول موج مشخص، محدوده طیف نور را عبور داده و فیلترهای پائین گذر نور با طول موج های کمتر از طول موج قطع(Cut Off) محدوده طیفی را عبور میدهد. در این تحقیق با توجه به ضرورت تمرکز بر طول موج های ۶۹۰ نانو متر و ۸۵۰ نانومتر از فیلترهای لیزری استفاده شده است(تجلی و رابط، ۱۳۸۲) .

شکل۳: فیلتر لیزری مورد استفاده در سبزیاب

در منحنی شکل ۴ محدوده باریک طول موج ۶۹۰ نانومتر با استفاده از فیلتر لیزری در طول موج مشخص با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر رسم شده است.



شکل۴:منحنی کارکرد فیلتر لیزری۶۹۰ نانومتر

جهت ارزیابی دقیقتر میزان سبزینگی گیاه، دستگاههای دستی کلروفیل سنج ساخته شده که بر اساس شاخص نرمالیزه گیاه بکار گرفته میشود. شرکت مینولتا (Minolta)از سازندگان این دستگاه میباشد که دستگاه کلروفیل سنج مدل SPAD-502 را ارائه نموده است(Mia and Milla,2009). روش کار دستگاه بر اساس تابش اشعه قرمز و مادون قرمز بر سطح برگ و اندازه گیری میزان اشعه عبوری و انعکاسی از آن و محاسبه بر اساس رابطه شاخص نرمالیزه گیاهی است. (شکل ۵).

شکل ۵: دستگاه کلروفیل سنج دستیSPAD-502

شرکت Ntech سازنده تجهیزات الکترونیک، جهت تشخیص میزان سبزینگی مزرعه، سیستم سبزیاب(GreenSeeker) را طراحی نموده است که به صورت سوار در قسمت عقب تراکتور نصب شده و در طی پیمایش تراکتور در مزرعه میزان سبزینگی را بر اساس شاخص NDVI ، در نقاط مختلف مزرعه محاسبه و ثبت مینماید همچنین بر اساس موقعیت جغرافیائی نقاط اندازه گیری شده توسط گیرنده سیستم GPS ، امکان رسم نقشه سبزینگی مزرعه امکانپذیر میباشد). اساس کار این دستگاه بر اساس اندازه گیری میزان نور خورشید بازگشتی از سطح برگها میباشد.

همچنین شرکت ردبال(Redball) هم سیستم مشابه سبزیاب را جهت تشخیص میزان سبزینگی گیاه طراحی و ارائه نموده که بر اساس اندازه گیری میزان طیف انعکاسی نور خورشید از سطح گیاه عمل مینماید(Singh and Arun,2006:Trmbley et al

2009).

در پژوهشی عملکرد دو دستگاه کلروفیل سنج دستی SPAD-502 وCM1000 با یکدیگر مقایسه و ارزیابی شده که نتایج تحقیق بیانگر عملکرد مشابه هر دو سیستم با یکدیگر است(Singh,I.Arun,K.2006).همچنین به روش مشابه عملکرد دو دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج مشابهی حاصل شده است(Wendorth,O.Schwab,G.2009).دریک پژوهش دیگر بر بکار گیری دستگاه کلروفیل متر تاکید شده است(Murdack et al,2008). طی تحقیق دستگاه فوق مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج بکار گیری مورد قبول واقع شده است (Jorgenson et al,2007:Wendorth and Schwab,2009).

همچنین در تحقیق دیگری دو دستگاه سبزیاب و یارا سنسور مورد ارزیابی قرار گرفته نتایج بدست آمده از هر دو دستگاه مشابه و قابل قبول تشخیص داده شده است(Sharma,R.2009).

در پژوهشی دیگر محققان با بکارگیری سیستم سنسور ازت تحت عنوان N-sensor که بر اساس اندازه گیری طول موج منعکس شده عمل میکند به اندازه گیری میزان کلروفیل و تزریق ازت بر اساس آن پرداختند(Ingegerd,M.Rafn,K.2002).

مواد و روشها:

مواد تحقیق شامل سامانه سبزیاب مجهز به فیلترهای لیزری نوری با طول موج های ۶۹۰ و۸۵۰ نانومتر ، دستگاه کلروفیل سنج مینولتا مدل SPAD502 و مزرعه گندم میباشد. موقعیت مزرعه در ایستگاه طرق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در شرق مشهد مقدس(مختصات جغرافیائیE ۰۸ ۳۸ ۵۹ و N۲۶ ۱۳ ۳۶) است. روش تحقیق بر اساس طراحی و ساخت و ارزیابی بوده است. سامانه سبزیاب بر اساس فیلترهای لیزری طراحی شده که شامل بخشهای فیلترینگ لیزری نور، سنجش نور، پردازش و تشخیص وضعیت نور میباشد. مدارات کنترلی بر اساس سیستم میکرو کنترلر بر پایه کنترل دیجیتال طراحی شده است. فیلترهای نوری از شرکت اپتیکس خریداری شده است.این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی صورت گرفته است.

سامانه تشخیص سبزینگی گیاه بر اساس اندازه گیری دو طول موج نور منعکس شده از سطح گیاه و محاسبه شاخص سبزینگی بر اساس تعریف شاخص (NDVI) عمل می نماید بنابر این لازم است که مقادیر نور منعکس شده اندازه گیری گردد. جهت اندازه گیری و محاسبه از المانهای الکترونیک و مدار الکترونیک استفاده شده است. اندازه گیری طول موج منعکس شده در دو رنج ۶۹۰ و ۸۵۰ نانومتر توسط فتودیود و فتوترانزیستور صورت میگیرد.البته این طول موج های خاص در ابتدا توسط فیلتر نوری، فیلتر شده و سپس اندازه گیری میشود. مدار الکترونیک شامل سه بخش اصلی اندازه گیری نور منعکس شده، میکرو کنترلر جهت انجام محاسبات لازم و نهایتا خروجی

میکرو به سمت نمایشگر LCD میباشد. فیلترهای لیزری روی فتودیود و فتوترانزیستور قرار گرفته و فقط نور فیلتر شده در طول موج خاص به فتودیود وفتوترانزیستور میرسد .

شکل ۶ : نمای از جلوی دستگاه اندازه گیری سامانه

دستگاه کلروفیل سنج مینولتا مدل SPAD502 (شکل ۵)جهت اندازه گیری میزان کلروفیل گیاه بکار میرود با قراردادن برگ در داخل فک آن میتوان کلروفیل برگ را اندازه گیری نمود و انتظار اینست که همبستگی مناسبی بین شاخص سبزینگی و میزان کلروفیل وجود داشته باشد.

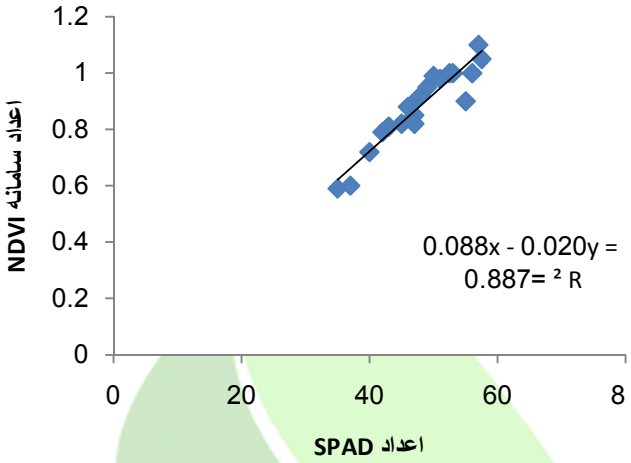
نتایج و بحث:

داده های اندازه گیری شده در جدول ۱ بیان شده است، سطر اول شامل اعداد قرائت شده توسط دستگاه اندازه گیری کلروفیل سنج(SPAD) و سطر دو شامل اعداد قرائت شده توسط سامانه سبزیاب (NDVI) میباشد.

جدول۱:داده های اندازه گیری شده

SPAD	35	37	40	42	43	45	46	47	47	47.5	48	49	50	51	52.5	53	55	56	57	57.5
NDVI	.5	.6	.7	.7	.8	.8	.8	.8	.8	.91	.9	.9	.9	.9	1	1	.9	1	1.	1.0

	9		2	9	1	2	8	5	2		2	5	9	8					1	5



شکل۷: منحنی همبستگی SPAD وNDVI

مطابق نمودار شکل ۷ دیده میشود که بین اعداد حاصله از سامانه شاخص سبزینگی و اعداد شاخص کلروفیل سنج همبستگی بسیار خوبی در حد ۸۸۷/. (۸۸/۷٪) وجود دارد و میتوان از سامانه شاخص سبزینگی جهت ارزیابی وضعیت شادابی و رشد گیاه استفاده نمود.

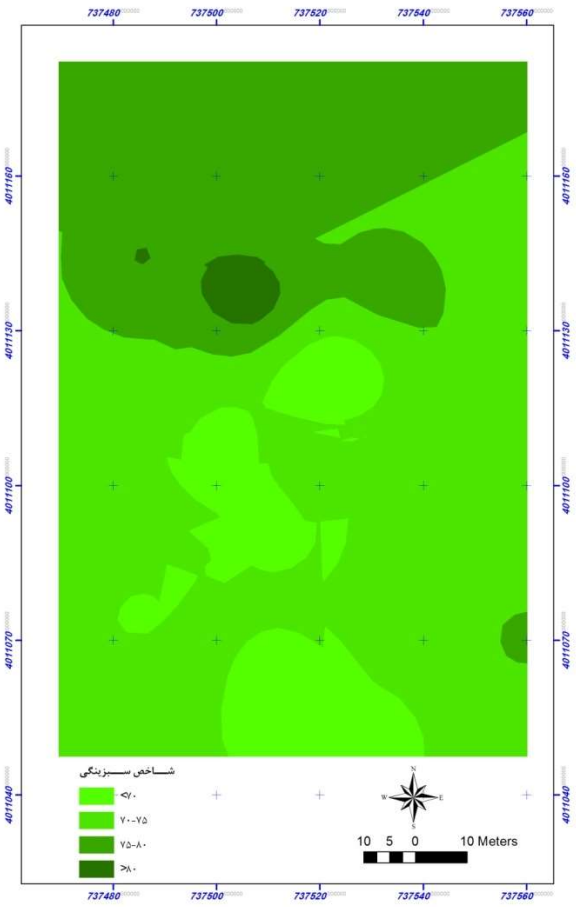
نقشه سبزینگی:

جهت ترسیم نقشه سبزینگی با استفاده از نرم افزار ARCGIS در محیط جغرافیائی باید وضعیت شاخص سبزینگی نقاط مورد نظر و همچنین مختصات نقاط مشخص گردد، بدین منظور با استفاده از گیرنده GPS مختصات نقاط برداشت و در همان نقاط مقادیر سبزینگی نیز ثبت و یادداشت شده است. در جدول۳ در محیط نرم افزار اکسل در سه ستون، مختصات جغرافیائی و همچنین مقادیر سبزینگی مرتب شده و با ورود اطلاعات به محیط شاخه ARCMAP از نرم افزار ARCGIS میتوان نقشه سبزینگی مزرعه را رسم نمود.

جدول ۲:مختصات جغرافیائی نقاط برداشت شده و مقادیر شاخص سبزینگی مرتبط

شاخص نرمالیزه سبزینگی	طول جغرافیائی نقاط	عرض جغرافیائی نقاط
73.2	59.64201	36.21527
64.5	59.64219	36.21523
69.5	59.64192	36.21538
66.3	59.6421	36.21567
69.1	59.64236	36.21586
69.2	59.64213	36.21565
75.1	59.64236	36.20926
84.9	59.64216	36.21594
77.6	59.64207	36.21614
76.9	59.64176	36.21629
71.1	59.64221	36.21582
75.7	59.64246	36.21634
68.9	59.6422	36.21554
68.3	59.64235	36.21513
63.7	59.64236	36.2158
77.7	59.64227	36.21596
79.7	59.64236	36.20882
77.2	59.64244	36.21594
77.5	59.64274	36.21533
80.6	59.64193	36.21601

با استفاده از جدول ۲ و ورود اطلاعات به نرم افزار جغرافیائی ARCGIS نقشه سبزینگی مطابق شکل ذیل رسم شده است.



شکل ۸: نقشه سبزینگی نقاط برداشت شده در ایستگاه طرق

همانطور که در نقشه شکل ۸ دیده میشود نقاط در دو محور افقی(طول جغرافیائی) و عمودی(عرض جغرافیائی) دارای مختصات جغرافیائی و رنگ بندی نقشه بر اساس مقادیر سبزینگی است که در چهار سطح شامل شاخص سبزینگی کمتر از ۷۰، بین ۷۰-۷۵، ۷۵تا ۸۰ و بیش از ۸۰ صورت گرفته است و نقشه نشان میدهد که نقاط مختلف مزرعه دارای سبزینگی متفاوت هستند و نقاط ضعیف در نقشه مشخص شده است.

نتیجه گیری کلی

از انجام این تحقیق میتوان نتیجه گرفت که

۱- فیلترهای لیزری نوری در کاربردهای کشاورزی قابلیت استفاده دارد.

۲- با بکارگیری فیلترهای لیزری میتوان شاخص های گیاهی مانند شاخص سبزینگی را اندازه گیری کرد

۳-سامانه سبزیاب مجهز به فیلتر نوری میتواند با همبستگی بسیار خوب در حد ۸۹٪ میزان کلروفیل را پیش بینی نماید.

منابع

۱- تجلی،ح. و رابط،ن.۱۳۸۲. اپتیک. نشر دانشگاهی

۲- ملکوتی،ج.۱۳۷۶.تعیین حد بحرانی عناصر غذائی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور.نشر آموزش کشاورزی

3- Devadas,D.,W.Lamp.2008. Evaluating ten spectral vegetation indices for identifying rust infection in individual wheat heavy. Precision Agric(18 Dec 2008)

4-Gated,D.2009. Photosyntetically active radiation.en.wikipedia.org

5-Heege, S.2008.Prospects and results for optical system for site-specific on-the-go control of nitrogen- top-dressing in Germany. Precision Agric,Vol.9.pp115-131

6-Ingegerd,M.,and K.Rafn.2002. More sustainable Agricultural with farmer decision support tools for fertilizer application. Fertilizer focus.

7-Jorgenson,J.,and R.Jorgenson.2007. Uniformity of wheat yield and quantity using sensor assisted application of nitrogen. Precision Agric8,pp63-73

8-Miao,y.,and J.Milla.2009. Combining chlorophyll meter reading and high spatial resolution remote sensing. Precision Agric10,pp45-62

9- Murdock,L., and etal.2008. Comparison and use of chlorophyll meter on wheat. University of Kentucky, collage of agriculture,AGR-181

10- Sharma,R.2009.NDVI sensors. Indian council of agricultural research.

11- Singh,I.,and K.Arun.2006. Crop sensor for efficient nitrogen management in sugercane. Sugertech, 8(4),pp299-302

12-Trembley,Z., and etal.2009. A comparison of crop data measured by two common sensors for variable rate nitrogen application. Precision Agri, vol10, pp145-161.

13-Wendorth,O., and G.Schwab.2009.In-season observation of wheat growth status for yield prediction .University of Kentucky, Department of Plant.

Design, development and evaluation of uses of laser line filter in vegetation index system

Samad Nazarzadeh Oghaz[1], Zahra Akbari Oghaz[2], Amin Nazarzadeh Oghaz[3],Abbas mahdinia[1],
Saeed Zarif Neshat[1], M.Hosein Saeedi Rad[1], Mojtaba Naseri[4]

1- Scientific Member of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Research Center
2-Acadomic member Of Mashhad Islamic Azad University
3-MSc. Student of Shahid Beheshti University
4-Acadomic member of Khorasan agricultural education center

Abstract:
Laser optical filters are used extensively today in many applications important applications in the field of agriculture and plant growth can be determined by the growth of such SPAD index mentioned. The main processes of photosynthesis and plant growth processes with SPAD index are evaluated. In this study, using optical filters laser system of Vegetation Index , SPAD index of plants (chlorophyll) has been studied . Vegetation Index system consisting of a laser optical filters, photo diode, , photo transistor and control and processing systems and detection. The separation and filtration of wavelengths 690 and 850 nm reflected from the plant two laser light is used to filter the output of the filter is measured by photo diode and photo transistors . In this study, the efficiency of laser filter system is well proven and measurable results for vegetation index system and chlorophyll meter, and the device shows a good correlation between the extent of 89 % has been achieved .

Keywords: laser line filter, red, infrared, vegetation index