

Bagan Warna Daun (BWD)

Anischan Gani

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Pesan kunci :

- Waktu pemupukan N yang tepat pada tanaman dapat meningkatkan efisiensi
- Gejala kekurangan N paling jelas dan umum adalah berkurangnya warna hijau dari daun
- BWD merupakan alat sederhana yang mudah digunakan dan murah, untuk menentukan waktu pemupukan N pada tanaman padi

Pendahuluan

Pertumbuhan tanaman yang baik dan hasil yang tinggi membutuhkan suplai nitrogen (N) yang cukup, bila suplai N tak cukup tanaman akan mengalami kekurangan N, yang ditunjukkan oleh pertumbuhan organ dan keseluruhan tanaman yang tidak normal. Gejala kekurangan N yang paling jelas dan biasa terlihat adalah berkurangnya warna hijau dari dedaunan (chlorosis), yang umumnya agak terdistribusi merata pada keseluruhan daun. Daun menjadi lebih pucat, menguning, dan pada kondisi kekurangan N yang gawat menjadi mati. Pada tanaman serealia, kekurangan N ditandai oleh berkurangnya anakan; jumlah malai per satuan luas dan juga jumlah gabah per malai berkurang. Karena itu, pertumbuhan dan hasil tanaman, khususnya padi, berhubungan erat dengan warna hijau dari daun.

Efisiensi penggunaan pupuk N rendah, hanya 19-47% dari N yang diberikan bisa diserap tanaman padi. Pemberian N yang tepat waktu ke tanaman adalah suatu usaha yang dapat meningkatkan efisiensi N, sedangkan tiga kali pemberian pupuk N pada padi sawah biasa disarankan untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Disamping itu, mengetahui kapan tanaman padi benar-benar memerlukan tambahan pupuk N akan sangat membantu, dan ini dapat memberikan peningkatan efisiensi serapan N yang nyata; dan ini dapat dilakukan dengan memonitor warna daun tanaman padi.

Warna daun adalah suatu indikator yang berguna bagi kebutuhan pupuk N tanaman padi. Daun yang bewarna pucat atau hijau kekuningan menunjukkan bahwa tanaman kekurangan N. Terdapat dua metoda pengukuran warna daun dengan mudah di

lapang; menggunakan peralatan mesin dan menggunakan alat sederhana. Beberapa alat pengukur ini mempunyai kekurangan seperti kerusakan pada tanaman, memerlukan peralatan yang mahal, dan kesulitan dalam pengukuran.

Skala warna, yang tersusun dari suatu seri warna hijau, dari hijau kekuningan sampai hijau tua, sesuai dengan warna-warna daun di lapang, dapat digunakan untuk mengukur warna daun. Bila suatu nilai warna daun lebih rendah dari batas kritis tertentu, maka tanaman memerlukan pupuk N tambahan. Bagan Warna Daun (BWD) yang didistribusikan oleh CREMNET-IRRI untuk tanaman padi, adalah suatu alat yang sederhana, mudah digunakan dan tidak mahal, untuk menentukan waktu pemupukan N pada tanaman padi. Alat ini cocok untuk mengoptimalkan penggunaan N, untuk berbagai sumber pupuk N yang diberikan. Alat ini terdiri dari empat warna hijau, dari hijau kekuningan sampai hijau tua. BWD ini lah yang ingin kita kenalkan secara luas pada komunitas pertanian di NAD, termasuk para penyuluh dan petani. Lebih jauh, tulisan ini juga dimaksudkan untuk memberikan pengertian tentang pentingnya pemupukan N pada tanaman padi dan dasar pengertian tentang penggunaan BWD.

Nitrogen dalam produksi tanaman

Unsur hara N yang ada dalam hampir semua tanah tidak mencukupi bagi kebutuhan tanaman, karena itu tambahan N harus diberikan untuk mempertahankan atau meningkatkan hasil. Dari semua unsur hara yang diberikan ke tanah, sejauh ini pemupukan N paling berpengaruh dalam peningkatan produksi tanaman. Tak dapat diragukan lagi, pemupukan N adalah suatu faktor penting dalam produksi tanaman. Gejala kekurangan N yang paling mudah terlihat adalah menguningnya dedaunan (chlorosis) karena hilangnya chlorofil, pigmen hijau yang berperan dalam proses fotosintesis, yang terdistribusi agak merata pada keseluruhan daun. Kekurangan N dicirikan oleh kecepatan pertumbuhan yang rendah dan tanaman kerdil (Devlin and Witham 1983; Mengel and Kirkby 1979).

Efisiensi penggunaan pupuk N oleh tanaman serealia rendah, walaupun tersedia varietas-varietas unggul dan hibrida tanaman ini yang berpotensi hasil tinggi. Rendahnya efisiensi pupuk N pada tanaman ini disebabkan oleh banyaknya N yang hilang karena curah hujan tinggi serta penanganan pupuk dan tanaman yang kurang baik (Prasad 1986). Data dalam Tabel 1 memperlihatkan tingkat pengembalian (*recovery rates*) berbagai bentuk pupuk N pada tanaman padi. Hanya 19-47% dari N yang diberikan dapat diserap oleh tanaman padi. Mukherjee (1986) juga sudah melaporkan bahwa, pada kondisi paling optimum, penyerapan pupuk N yang diberikan ke tanaman hanyalah sekitar 40-50%.

Tabel 1. Kembalian (rekoveri) pupuk N oleh tanaman padi.

Sumber N	Takaran (kg/ha)	Kembalian (%)
Urea	50-150	30.2
Natrium nitrat	40-120	19.4
Amonium sulfat	40-120	39.6
Neem cake coated urea	100	47.4
Sulphur coated urea	100	37.7
Urea+N-Serve	100	41.7

Sumber: Bernstein (1970), in (Prasad 1986).

Sejumlah hibrida dan komposit tanaman padi yang responsif pupuk N dan berpotensi hasil tinggi (unggul) sudah ada sehingga dapat meningkatkan efisiensi pupuk N. Disamping itu, pemberian pupuk N tepat-waktu ke tanaman adalah suatu usaha yang dapat berpengaruh terhadap efisiensi pemberian N. Berbagai hasil penelitian di China, India, Filipina dan Indonesia menyarankan pemberian 2 sampai 3 kali untuk mendapatkan efisiensi pemupukan N yang lebih tinggi. Namun, bagi varietas berumur panjang dan tanah lebih ringan diperlukan pemberian yang lebih sering lagi. Menge-ahui kapan waktunya tanaman benar-benar memerlukan tambahan N dari pupuk akan sangat membantu, sehingga pupuk N yang diberikan akan langsung diserap. Usaha ini akan berdampak bagi peningkatan efisiensi penyerapan N yang nyata.

Sudah sejak lama warna daun tanaman padi dianggap penting, yang dapat digunakan sebagai indikator bagi pertumbuhan organ-organ tanaman, dan bahkan bagi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Petani-petani umumnya menggunakan warna daun sebagai suatu indikator visual dan subjektif bagi kebutuhan tanaman padi akan pupuk N. Bila daun-daun pucat atau hijau kekuningan, para petani menganggap bahwa tanaman memerlukan lebih banyak N. Dalam penelitian-penelitian juga telah diketahui bahwa intensitas warna daun langsung berhubungan dengan khlorofil dan status N dari daun.

Pengukuran luas daun tanaman padi

Furuya (1987) melaporkan bahwa selama tahun during 1980-an warna daun menjadi lebih diperhatikan karena warna daun paling baik menunjukkan status nutrisi tanaman. Sejak itu, penelitian tentang cara pengukuran warna daun mengalami kemajuan, dan memudahkan pengukuran warna daun di lapang. Terdapat dua cara pengukuran; penggunaan mesin atau penggunaan alat sederhana. Suatu alat yang disebut “Skala warna daun padi baku” (*Standard rice leaf colour scale*) telah dibuat. Skala warna ini digunakan untuk mengukur warna daun dari daun tunggal atau

komunitas tanaman. Dalam aplikasi skala warna di atas, berbagai penelitian memperlihatkan bahwa pengukuran daun tunggal menunjukkan korelasi nyata dengan rata-rata kandungan N dan komponen-komponen hasil pada kebanyakan varietas padi. Dari berbagai penelitian jelas terlihat bahwa pemberian pupuk N meningkatkan nilai skala ini. Lebih jauh, skala warna ini telah digunakan pada beberapa tanaman dalam menentukan status N tanaman.

Beberapa metoda pengukuran mempunyai kelemahan termasuk merusak pada tanaman, memerlukan peralatan yang mahal, dan kesulitan dalam pengukuran. Sebagai contoh, fluoresensi khlorofil sering digunakan untuk menganalisis fotosintesa tanpa merusak tanaman. Karena itu, perubahan fluoresen adalah suatu indeks yang berguna untuk menunjukkan efisiensi fotosintesis, juga kondisi khlorofil dan kehijauan daun. Salah satu fluorometer ini disebut MINIPAM, namun penggunaannya terbatas (Kim *et al.* 2006). Suatu alat yang sederhana, walaupun mahal, dapat menentukan jumlah khlorofil dalam daun tanaman, disebut SPAD-502 (KONICA MINOLTA 1989) secara digital mencatat jumlah relatif dari molekul khlorofil, jadi sangat sensitif dan akurat.

Pencatatannya, disebut nilai SPAD, diperhitungkan berdasarkan jumlah cahaya yang di-transmisi-kan oleh daun dalam dua berkas panjang gelombang dimana absorbansi khlorofil berbeda. Nilai SPAD yang ditentukan menggunakan SPAD-502 memberikan indikasi tentang jumlah relatif khlorofil yang ada di dalam daun. Dobermann and Fairhurst (2000) melaporkan nilai SPAD sebesar 35 bagi daun paling atas yang telah mengembang sempurna digunakan sebagai suatu nilai batas bagi kekurangan N (perlu diberi N) pada padi indica unggul yang pindah tanam. Batas bagi padi tanam langsung adalah nilai SPAD sebesar 32-33. Kedua peralatan/mesin ini, mengukur kandungan khlorofil daun lebih tepat. Tapi karena harganya yang mahal, untuk maksud-maksud praktis jarang digunakan.

Dalam perkembangan pemanfaatan warna hijau daun untuk menentukan status N tanaman suatu seri warna hijau, sesuai dengan warna daun di lapang, disusun dalam suatu "kartu" dan warna dari daun dibandingkan dengan warna-warna yang ada di kartu ini. Nomor warna pada kartu yang sesuai dengan warna daun dinyatakan sebagai nilai warna (atau nilai BWD) dari daun tersebut. Berdasarkan berbagai penelitian dan pengujian ternyata bila nilai warna suatu daun lebih rendah dari nilai kritis tertentu berarti tanaman memerlukan tambahan pupuk N.

Bagan warna daun

Bagan warna daun (BWD) pertama kali dikembangkan di Jepang, dan kemudian peneliti-peneliti dari Universitas Pertanian Zhejiang-Cina mengembangkan suatu BWD yang lebih baik dan

mengkalibrasinya untuk padi indica, japonica dan hibrida. Alat ini kemudiannya menjadi model bagi BWD yang didistribusikan oleh Crop Resources and Management Network (CREMNET) - IRRI untuk tanaman padi; suatu alat yang sederhana, mudah digunakan, dan tidak mahal untuk menentukan waktu pemupukan N pada tanaman padi. BWD ini merupakan alat yang cocok untuk mengoptimalkan penggunaan N, dengan berbagai sumber pupuk N; pupuk-organik, pupuk-bio ataupun pupuk-kimia.

BWD terdiri dari empat warna hijau, dari hijau kekuningan (No. 2 pada kartu) sampai hijau tua (No. 5 pada kartu). BWD tak dapat menunjukkan perbedaan warna hijau daun yang terlalu kecil sebagaimana pada khlorofil meter (SPAD). Namun BWD bisa dibandingkan dengan SPAD untuk menentukan ketepatan relatifnya dalam menentukan status N tanaman padi.

Dari beberapa penelitian yang dilakukan di Sukamandi, didapatkan korelasi dan regresi yang sangat nyata secara statistik antara nilai-nilai BWD dan SPAD, karena itu nilai BWD dapat digunakan untuk meregresikan nilai SPAD, pada berbagai musim, tipe tanah dan varietas padi. Nampak bahwa pembacaan BWD dapat digunakan dengan ketepatan dan validitas yang tinggi untuk mengukur warna daun.

Bagaimana mengukur warna daun

Pilih daun termuda yang telah kembang sempurna dan sehat dari suatu tanaman untuk pengukuran warna daun. Warna daun ini sangat berhubungan dengan status N tanaman padi. Dari tiap lahan, pilih 10 daun dari 10 tanaman yang dipilih secara random (lebih banyak lebih baik) dan mewakili daerah penanaman. Pastikan memilih tanaman dalam suatu area dimana populasi tanaman seragam

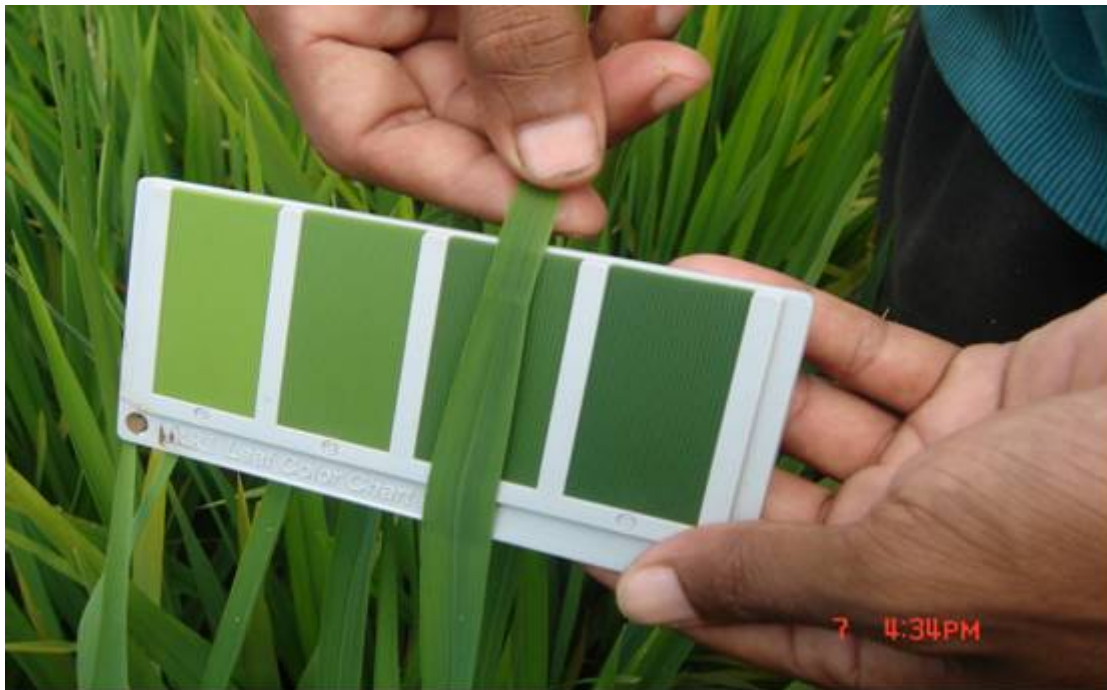
Ukur warna dari tiap daun yang terpilih dengan memegang BWD dan menempatkan bagian tengah daun di atas standar warna untuk dibandingkan (Gambar 1). Selama pengukuran, tutupi daun yang sedang diukur dengan badan karena pembacaan warna daun dipengaruhi oleh sudut matahari dan intensitas cahaya matahari. Jangan memotong ataupun merusak daun, dan bila mungkin sebaiknya pengukuran dilakukan oleh orang yang sama pada waktu yang sama di hari-hari pengamatan.

Bila warna daun nampaknya berada diantara dua standar warna, ambil rata-rata dari keduanya sebagai pembacaan warna daun. Contoh; bila warna suatu daun padi terletak antara No. 3 dan No. 4, maka bacaan warna daun adalah 3,5.

Hitung rata-rata dari 10 pembacaan BWD. Bila nilai rata-rata pembacaan warna daun lebih rendah dari batas kritis yang sudah ditetapkan, atau bila lebih dari 5 daun yang mempunyai pembacaan warna daun rendah dari batas kritis yang sudah ditetapkan, segera berikan pupuk N untuk mengoreksi kekurangan N pada pertanaman.

Penggunaan BWD berdasarkan kebutuhan riil tanaman

Berikan pemupukan N awal sebesar 50-75 kg Urea/ha sebelum 14 HST, kamu tak perlu menggunakan BWD saat ini. Pembacaan BWD mulai sekitar 25 HST bagi padi pindah tanam. Lanjutkan pengambilan/pembacaan pada interval waktu 7-10 hari sampai 50 HST, atau sampai 10% pembungaan pada hibrida dan padi tipe baru (PTB).



Gambar 1. Penggunaan Bagan Warna Daun, untuk mengukur warna daun dalam penetapan pemupukan N pada tanaman padi..

Nilai warna kritis untuk pemupukan N adalah 4, bila pembacaan BWD kecil dari 4 berikan pupuk N pada tanaman padi. Jumlah N yang diberikan bagi varietas padi indica yang semi pendek (semidwarf) tergantung pada besarnya hasil yang diharapkan. Pada hasil harapan sebesar 5 t/ha berikan 50 kg Urea/ha, dan bila hasil harapan tanamanmu lebih tinggi maka pupuk N yang diberikan juga harus lebih tinggi; berikan lagi tambahan 25 kg Urea/ha untuk setiap ton hasil harapan yang lebih tinggi dari 5 t/ha (Tabel 2).

Tabel 2. Takaran pemberian Urea (kg/ha) setelah pembacaan BWD lebih rendah dari 4 berdasarkan kebutuhan riil tanaman, pada beberapa hasil gabah yang diharapkan.*

Respons terhadap pemupukan N, dengan hasil harapan (t/ha)			
Rendah (5)	Sedang (6)	Tinggi (7)	Sangat tinggi (8)
50	75	100	125

Sumber: BB Padi (2006) * Untuk hasil harapan diasumsikan unsur hara lain seperti P dan K tidak merupakan faktor pembatas.

Penggunaan BWD berdasarkan stadia fenologi

Pada padi sawah, direkomendasikan pemberian pupuk N tiga kali untuk efisiensi yang lebih tinggi. Yang pertama adalah pada waktu tanam atau sebelum 14 HST, yang kedua pada stadia anakan aktif (21-28 HST), dan yang ketiga pada stadia primordia bunga (50 HST). Pada hibrida dan padi tipe baru (PTB) diberikan yang keempat sekitar 10% berbunga. Dengan cara ini pembacaan BWD hanya 2-3 kali selama pertumbuhan tanaman.

Berikan pemupukan N awal sebesar 50-75 kg Urea/ha sebelum 14 HST, kali ini tak perlu digunakan BWD. Pada waktu pemupukan kedua dan ketiga (dan keempat pada hibrida dan PTB) bandingkan warna daun dengan BWD;

Bila nilai BWD rata-rata 3,0 atau kurang, berikan 75 kg Urea/ha pada hasil harapan sebesar 5 t/ha. Tambahkan lagi 25 kg Urea/ha untuk setiap satu t/ha lebih tingginya hasil harapan.

Bila rata-rata nilai BWD antara 3,5 dan 4,0; berikan 50 kg Urea/ha pada hasil harapan sebesar 5 t/ha. Tambahkan lagi 25 kg Urea/ha untuk setiap ton/ha lebih tingginya hasil harapan.

Bila rata-rata nilai BWD antara 4,0 dan 4,5; tak perlu memberikan pupuk N bila hasil harapan hanya 5-6 t/ha. Tambahkan 50 kg Urea/ha bila hasil harapan lebih dari 6 t/ha (Tabel 3).

Tabel 3. Takaran pemberian Urea (kg/ha) setelah pembacaan BWD lebih rendah dari 4 berdasarkan kebutuhan riil tanaman, pada beberapa hasil gabah yang diharapkan.*

Pembacaan BWD	Respons terhadap pemupukan N, dengan hasil harapan (t/ha)			
	Rendah (5)	Sedang (6)	Tinggi (7)	Sangat tinggi (8)
3.0 or less	75	100	125	150
3.5 – 4.0	50	75	100	125
4.0 – 4.5	0	0-50	50	50

Sumber: BB Padi (2006) * Untuk hasil harapan diasumsikan unsur hara lain seperti P dan K tidak merupakan faktor pembatas.

Pada tanaman padi, suatu faktor pertumbuhan paling penting yang membatasi respons tanaman terhadap pupuk N yang diberikan adalah air. Respons terhadap pemupukan N terbatas bila ketersediaan air kurang, dan musim tertentu cenderung memberikan hasil lebih tinggi dalam setahun. Hal yang sama juga berlaku bagi perbedaan efisiensi kultivar padi terhadap pupuk N. Karena alasan-alasan ini, hasil harapan suatu kultivar tanaman padi pada musim yang berbeda bervariasi. Karena itu takaran pupuk N bagi kelompok kultivar lain harus ditentukan sendiri secara lokal.

Respons terhadap N juga tergantung pada baik buruknya suplai unsur hara yang lainnya. Tanpa pemberian P dan K respons hasil terhadap peningkatan N lebih rendah dibanding bila P dan K diberikan dalam jumlah yang cukup. Disamping itu, respons terhadap pemberian P dan K adalah lebih besar bila suplai N banyak. Dobermann and Fairhurst (2000) menyatakan bahwa bila N yang diberikan ke tanaman cukup, maka kebutuhan terhadap unsur makro lain seperti P dan K bertambah.

Devlin and Witham (1983) menyimpulkan bahwa bersamaan dengan kekurangan N, kekurangan P dapat menyebabkan daun gugur sebelum waktunya dan terjadinya pigmentasi antosianin berwarna jingga atau merah. Dobermann and Fairhurst (2000) juga mengingatkan bahwa gejala-gejala kekurangan S dan Fe agak meragukan dengan kekurangan N.

Diringkaskan bahwa pembacaan BWD, untuk pengukuran warna daun padi bagi pemupukan N, haruslah mempertimbangkan kondisi optimal faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan. Keseimbangan hara adalah salah satunya yang dapat mempengaruhi pembacaan warna daun. Dengan cara ini, keuntungan maksimum dari penggunaan BWD pasti akan dapat dicapai.

Kesimpulan

Gejala kekurangan N yang paling jelas dan biasa ditemui dalam produksi tanaman adalah khlorosis, yang umumnya agak terdistribusi merata pada keseluruhan daun. Daun menjadi lebih pucat, hijau kekuningan dan bahkan sampai mati. Berkurangnya warna hijau pada daun biasanya diiringi oleh berkurangnya pertumbuhan dan hasil. Karena itu, terutama pada tanaman padi, pertumbuhan dan hasil tanaman berhubungan erat dengan intensitas relatif warna hijau dari daun.

Efisiensi penggunaan pupuk N hanya dalam kisaran 9-47%, dan pemberian tepat waktu adalah salah satu usaha untuk meningkatkannya. Umumnya, tiga kali pemberian pupuk N disarankan pada tanaan padi sawah. Mengetahui waktu yang paling baik untum memberikan pupuk N tentu saja akan meningkatkan efisiensi serapan pupuk.

Terdapat berbagai metoda pengukuran warna daun yang mudah di lapang, dari penggunaan peralatan mesin sampai alat sederhana. Bagan Warna Daun (BWD) adalah suatu alat yang sederhana, mudah digunakan, dan tidak mahal untuk menentukan waktu pemupukan N pada padi sawah, apapun sumber pupuk N nya. Disamping itu, dengan menggunakan BWD respons suatu kultivar tanaman padi terhadap pemupukan N pada musim tanam tertentu juga dipertimbangkan.

References

BB Padi. 2006. Bagan warna daun, menghemat penggunaan pupuk N. Bekerja sama dengan Puslitbangtan, BB PPSLP, BB PPTP dan IRRI.

CREMNET. 2000. Technology Brief No. 2 (Revised). IRRI, Makati City, Philippines

Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1983. Plant Physiology, fourth edition. Willard Grant Press, Boston.

Dobermann, A and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. International Rice Research Institute (IRRI). Potash & Phosphate Institute of Canada.

Furuya, S. 1987. Growth Diagnosis of Rice Plants by Means of Leaf Colour. JARQ Vol. 20 (3): 147-153

Kim, K.S., G.A. Giacomelii, S. Sase, J.E. Son, S.W. Nam and F. Nakazama. 2006. Optimization of Growth Environment in a Plant Production Facility Using a Chlorophyll Fluorescence Method. JARQ 40 (2): 149-156.

KONICA MINOLTA. 1989. Chlorophyll Meter SPAD-502 Manual. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1979. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. P.O. Box CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland.

Mukherjee, S.K. 1986. Chemical Technology for Producing Fertilizer Nitrogen in the year 2000. *In: Global Aspects of Food Production*. P: 227-237 M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (*Eds.*). Tycooly International Riverton, New Jersey-United States.

Prasad, R. 1986. Fertilizer Nitrogen: Requirements and Management. *In: Global Aspects of Food Production*. P: 199-226 M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (*Eds.*). Tycooly International Riverton, New Jersey-United States.

Leaf Colour Chart (LCC)

Anischan Gani

Indonesian Centre for Rice Research

Key Messages:

- Timely nitrogen application leads to improved fertiliser efficiency.
- The most common symptom of nitrogen deficiency is decreasing green leaf colour.
- LCC is a simple, easy-to-use, and inexpensive tool to determine the time and amount of nitrogen top dressing for rice crops

Introduction

Good crop growth and high yields need adequate supplies of nitrogen. Nitrogen deficiency causes abnormal plant growth, and the clearest and most common symptom is decreasing green colour in leaves (chlorosis).

Leaves become paler, turn yellow and, in severely nitrogen deficient conditions, the plants die. In cereal crops, nitrogen deficiency is characterised by poor tillering, reduced number of ears per unit area and reduced number of grains per ear. Therefore, there is a close association between the growth and yield of the crops, especially rice, and the relative greenness of the leaf. The efficiency of utilisation of fertiliser nitrogen by cereals is fairly low, with only 19-47% of applied nitrogen absorbed by the rice crop. Timely nitrogen application to crops can considerably affect the efficiency of applied nitrogen; three split applications of are generally suggested for higher efficiency in wetland rice. Recognising when crops need additional nitrogen improves the efficiency of fertiliser uptake significantly: this can be done by monitoring leaf colour.

Leaf colour is a useful indicator of the rice crop's need for nitrogen fertiliser. Pale or yellowish green of the leaf is the best indicator of nitrogen deficiency in rice crop. Measuring leaf colour in the field can be done with machines or simple tools. Some measurement methods have disadvantages including damage to plants, need for expensive equipment, and difficulty in taking measurements.

The colour scale, comprising a series of green colours from yellowish- to dark-green, corresponds with leaf colours in the field and can be used for measuring the colour of a leaf. If a colour value

of a leaf falls below a certain critical level, the crop needs additional nitrogen fertiliser. The Leaf Colour Chart (LCC), currently distributed by IRRI's CREMNET for rice crops, is a simple, easy-to-use and inexpensive tool to determine the time of nitrogen topdressing for rice crops. It is an ideal tool to optimise nitrogen use irrespective of the source of nitrogen applied. The LCC chart consists of four green colour shades, from yellowish green to dark green. IRRI wants to introduce the LCC widely in NAD, and train farm communities, including extension staff and farmers, to use it.

This article explains the importance of nitrogen fertilisation in rice crops and how to use the LCC.

Nitrogen in crop production

Most soils do not have enough natural nitrogen to supply crop requirements, so additional nitrogen must be supplied to maintain or increase yield. Of all nutrients added to soils, nitrogen has had by far the most important effect in increasing crop production. Nitrogen fertilisation is indispensable, the most important factor in crop production.

Table 1. Recovery of N fertilizer by rice crop.

Source of N	Rate (kg/ha)	Recovery (%)
Urea	50-150	30.2
Sodium nitrate	40-120	19.4
Ammonium sulphate	40-120	39.6
Neem cake coated urea	100	47.4
Sulphur coated urea	100	37.7
Urea+N-Serve	100	41.7

Source: Bernstein (1970), in (Prasad 1986).

The most easily observed symptom of nitrogen deficiency is the yellowing (chlorosis) of leaves due to a loss of chlorophyll, the green pigments active in photosynthesis process, which is generally evenly distributed over the whole leaf. Nitrogen deficiency is characterised by poor growth rate and small plants (Devlin and Witham 1983, Mengel and Kirkby 1979).

The efficiency of utilisation of fertiliser nitrogen by cereal crops is fairly low, despite the availability of potentially high yielding varieties and hybrids of these crops. The low efficiency of fertiliser nitrogen in these crops is due to severe nitrogen losses caused by heavy rains and poor fertiliser and crop management practices (Prasad 1986). Data in Table 1 shows the recovery rates of different forms of nitrogen fertilisers in rice. Only 19-47% of applied nitrogen is absorbed by the rice crop. Mukherjee (1986) has also reported that the uptake by plants of applied nitrogen is only about 40-50% under optimum conditions.

A number of high yielding and nitrogen responsive hybrids/ composites of rice have become available and can improve the efficiency of fertiliser nitrogen. In addition, timely nitrogen application to crops can considerably affect the efficiency of applied nitrogen. Many studies in China, India, Philippines, and Indonesia suggest two to three split applications for higher efficiency in wetland rice. However, more split applications are needed for long duration varieties and for lighter soils. Knowing the time when the crop really needs additional nitrogen from fertiliser would be very helpful, because the nitrogen applied will be directly absorbed, leading to a significant improvement in the efficiency of fertiliser uptake.

Leaf colour of rice plants has long been regarded as an important indicator for plant growth. Farmers generally use leaf colour as a visual and subjective indicator of the rice crop's need for nitrogen fertiliser. When the leaves are pale or yellowish green, farmers believe the plant needs more nitrogen. Researchers have found that leaf colour intensity is directly related to leaf chlorophyll content and leaf nitrogen status.

Measuring leaf colour of rice plants

During the 1980s leaf colour began to attract attention as a good indicator of plant nutrition (Furuya 1987). Since then, research on methods of measuring leaf colour has progressed so that it is now possible to measure leaf colour easily in the field using machines or simple tools.

The standard rice leaf colour scale was developed to measure leaf colour of a single leaf or a plant community. In the applications of the colour scale, many studies showed that single leaf colour measurement showed significant correlations with the average nitrogen contents and yield components in many rice varieties. It was clear from various studies that nitrogen top dressing increased crop values. Moreover, this colour scale has been used in several crops in judging plant nitrogen levels.

Some measurement methods damage the plants, require expensive equipment, and are difficult to do. Chlorophyll fluorescence is often used to analyse photosynthesis without damaging plants. The fluorescence change is a useful index to reflect photosynthetic efficiency, chlorophyll and leaf greenness. One fluorometer is called MINIPAM, but its use is limited (Kim et al 2006). A simple machine, though expensive, the SPAD- 502 (KONICA MINOLTA 1989) records digitally the relative amounts of chlorophyll molecules, and is highly sensitive and accurate. SPAD values are calculated on the amount of light transmitted by the leaf in two wavelength regions in which the absorbance of chlorophyll is different. Dobermann and Fairhurst (2000) reported that a SPAD reading of 35 for the

uppermost, fully expanded leaf is used as a threshold for nitrogen deficiency and the need to apply nitrogen in transplanted high yielding indica rice. A SPAD threshold of 32- 33 is used in direct-seeded rice. Both machines measure leaf chlorophyll contents accurately, but since they are expensive, they are seldom used for practical purposes.

Now the Leaf Colour Chart has been developed using a series of green colours that correspond to leaf colours in the field to assess leaf greenness and plant nitrogen needs. The number on the chart is read as the colour value (or LCC value) of the leaf. If the leaf colour falls below a certain critical value it means that the crop needs additional nitrogen fertiliser.

Leaf colour chart

The first leaf colour chart (LCC) was developed in Japan, and later Chinese researchers at Zhejiang Agricultural University developed a much improved LCC and calibrated it for indica, japonica, and hybrid rice. This chart later became a model for the LCC currently distributed by IRRI's Crop Resources and Management Network (CREMNET) for rice crop; a simple, easy-to-use, and inexpensive tool to determine the time of N topdressing for rice crops. It is an ideal tool to optimize N use, irrespective of the source of N applied; organic-, bio- or chemical-fertilizer.

The LCC consists of four green colour shades, from yellowish green (No. 2 on the chart) to dark green (No. 5 on the chart). LCC cannot indicate smaller differences in leaf greenness as the chlorophyll meter or SPAD meter do. However, LCC can be compared with the chlorophyll meter to determine their relative accuracy in assessing the leaf N status of rice plants.

From several experiments conducted at Sukamandi, highly statistically significant correlations and regressions between LCC and SPAD readings are found, hence the LCC values can be used to regress the SPAD values, regardless season, soil type and rice variety. It is showed that LCC readings can be used with considerable high accuracy and validity in measuring leaf colour.

How to measure leaf colour

Select the youngest fully expanded and healthy leaf of a single plant for leaf colour measurement. The colour of this leaf is highly related to the N status of rice plants. From each field, select 10 leaves from 10 randomly selected plants (the more the better) which represent the planted area. Be sure to select plants in an area where the plant population is uniform.

Measure the colour of each selected leaf by holding the LCC and placing the middle part of the leaf on top of a colour strip for comparison (Figure 1). During measurement, shield the leaf being measured from the sun with your body because leaf colour reading is affected by the sun's angle and sunlight intensity. Do not detach or destroy the leaf and, if possible, the same person should take leaf colour measurements at the same time of the day every time.

If the colour of the leaf seems to fall between two colour shades, take the mean of the two values as the reading. For example, if the colour of a rice leaf lies between number 3 and number 4, the reading to be noted is 3.5.

Calculate the average of the 10 LCC readings. If the average falls below the set critical or, alternatively if more than five leaves show readings below the set critical value, top dress N fertilizer immediately to correct N deficiency in your rice crop.



Figure 1. Using Leaf Colour Chart for measuring leaf colour in determining N fertilization in rice crop.

Using LCC based on crop real time need

Give initial 50-75 kg Urea/ha before 14 DAT, you do not need to apply LCC this time. The LCC readings are starting at around 25 DAT for transplanted rice. Continue taking readings at 7- to 10-day intervals until 50 DAT, or until 10% flowering in hybrid and new plant type (NPT) rices.

The critical leaf colour reading for N topdressing is 4; if the LCC reading is below 4 apply N fertilizer to your rice crop. The amount

of N fertilizer to be applied for transplanted semi-dwarf indica varieties are depended on the expected yield to be achieved. At expected yield of 5 t/ha top dress 50 kg Urea/ha, and if the expected yield of your crop is higher the N doses must be increasing; apply additional 25 kg Urea/ha for one t/ha expected yield above 5 t/ha (Table 2).

Table 2. Applied doses of Urea (kg/ha) following LCC reading, based on crop real time need, of below 4 in transplanted rice at some expected yield.*

Response to N fertilisation, with the expected yield (t/ha)			
Low (5)	Medium (6)	High (7)	Very high (8)
50	75	100	125

Source: BB Padi (2006)

* Expected yields assume other nutrients such as P and K are not limiting.

Using LCC based on phenological stage

Three split applications of N fertilizer are recommended for higher efficiency in wetland rice. The first is at transplanting or before 14 DAT, the second at active tillering (21-28 DAT), and the third is at flower primordial stage (50 DAT). In hybrid and NPT rices there is the fourth split around 10% flowering stage. Using this method the LCC reading is only 2-3 times during the crop growth.

Give 50-75 kg Urea/ha before 14 DAT, you do not need to apply LCC this time. At the time of the second and third applications of Urea, compares leaf colour with the LCC readings;

- a) If the average of LCC values falls at 3.0 or less, give 75 kg Urea/ha, if the expected yield is 5 t/ha. Add additional 25 kg Urea/ha for every one t/ha increase of expected yield.
- b) If the average of LCC values fall at 3.5 – 4.0, give 50 kg Urea/ha if the expected yield is 5 t/ha. Add additional 25 kg Urea/ha for every one t/ha increase of expected yield.
- c) If the average of LCC values fall at 4.0 – 4.5, there is no need to apply N fertilizer if the expected yield is 5-6 t/ha. Add 50 kg Urea/ha if the expected yield is more than 6 t/ha (Table 3).

In rice crop, one of the most important growth factors limiting plant response to applied N is water. Responses to N application are limited when water availability is restricted, and certain seasons tend to give higher yields in a year. The same is also applied to the differences in efficiency of rice cultivars to N fertilizer. For these reasons, the expected yield of a rice cultivar in difference seasons is

varied. So, N rates for other cultivar groups have to be worked out locally.

Table 3. Applied doses of Urea (kg/ha) following LCC reading, based on phenological stage, of below 4 in transplanted rice at some expected yield.*

LCC Reading	Response to N fertilisation, with the expected yield (t/ha)			
	Low (5)	Medium (6)	High (7)	Very high (8)
3.0 or less	75	100	125	150
3.5 – 4.0	50	75	100	125
4.0 – 4.5	0	0-50	50	50

Source: BB Padi (2006)

* Expected yields assume other nutrients such as P and K are not limiting.

The response to N also depends on how well the crop is supplied with other nutrients. Without P and K applications the yield response to increasing N levels was smaller than when adequate amounts of P and K were applied. In addition, the response to the P and K applications was greater with an abundant N supply. Dobermann and Fairhurst (2000) noted that when sufficient N is applied to the crop, the demand for other macronutrients such as P and K is increased.

Furthermore, Mengel and Kirkby (1979) reported that deficiency symptoms of Fe, Ca, and S are also similar to N deficiency, being characterized by yellowish and pale leaves. Devlin and Witham (1983) concluded that similar to nitrogen deficiency, phosphorus deficiency may cause premature leaf fall and purple or red anthocyanin pigmentation. Dobermann and Fairhurst (2000) also remained that S and Fe deficiency symptoms are rather confused with N deficiency.

It is summarized that the use of LCC reading, in leaf colour measurement of rice, for N-fertilization should consider the optimal conditions of other factors affecting growth. Nutrient balance is one of such factor that may affect the measurement of leaf colour. With these in hands, the maximum benefit of using LCC will surely be attained.

Conclusion

The most clearly and commonly shown symptom of N deficiency in crop production is chlorosis, which is generally rather evenly distributed over the whole leaf. The leaf becomes paler, yellowish green, and even dies. The reduced green colour of the leaf is usually

accompanied by reduced growth and yield. So, the growth and yield of the crops, especially rice, is closely associated with the relative greenness of the leaf.

The efficiency of utilization of N fertilizer is only in the range of 19-47%, and timely application is an effort that can improve it. Three split applications of N-fertilizer are generally suggested in wetland rice. Knowing the best time to apply N fertilizer will certainly lead to increased efficiency of uptake of fertilizer.

Many methods of measuring leaf colour easily in the field are available, from the use of machines to simple tools. Leaf Colour Chart (LCC) is a simple, easy-to-use, and inexpensive tool to determine the time of N top dressing for rice crops. It is an ideal tool to optimize N use, irrespective of the source of N applied. In addition, by using the LCC, response of a rice cultivar to N fertilizer at a certain cropping season is considered.

References

BB Padi. 2006. Bagan warna daun, menghemat penggunaan pupuk N. Bekerja sama dengan Puslitbangtan, BB PPSLP, BB PPTP dan IRRI.

CREMNET. 2000. Technology Brief No. 2 (Revised). IRRI, Makati City, Philippines

Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1983. Plant Physiology, fourth edition. Willard Grant Press, Boston.

Dobermann, A and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. International Rice Research Institute (IRRI). Potash & Phosphate Institute of Canada.

Furuya, S. 1987. Growth Diagnosis of Rice Plants by Means of Leaf Colour. JARQ Vol. 20 (3): 147-153

Kim, K.S., G.A. Giacomelli, S. Sase, J.E. Son, S.W. Nam and F. Nakazama. 2006. Optimization of Growth Environment in a Plant Production Facility Using a Chlorophyll Fluorescence Method. JARQ 40 (2): 149-156.

KONICA MINOLTA. 1989. Chlorophyll Meter SPAD-502 Manual. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1979. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. P.O. Box CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland.

Mukherjee, S.K. 1986. Chemical Technology for Producing Fertilizer Nitrogen in the year 2000. *In*: Global Aspects of Food

Production. P: 227-237 M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (*Eds.*). Tycooly International Riverton, New Jersey-United States.

Prasad, R. 1986. Fertilizer Nitrogen: Requirements and Management. *In*: Global Aspects of Food Production. P: 199-226 M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (*Eds.*). Tycooly International Riverton, New Jersey-United States.