

幫水稻把脈看氣色

農場管理組助理研究員 陳烈夫、楊清祥

農藝組助理 卓緯玄

農藝組研究員 呂秀英

一、前言

作物生長相是指作物在一個時期內其器官外形及結構之表現；生長勢則是指作物器官外形及結構連續變化之生長趨勢情形。前者是靜態之表現，後者為動態之表現。作物在栽培狀態下的生長相及生長勢受到周圍環境之影響甚鉅。作物種類不同，所需要之環境條件便不相同；即使是同一品種之作物，在不同發育階段所需要之環境條件也不盡相同。由於栽培環境條件的各種因素之質與量不同，對作物生長相及生長勢所引起之作用就有不同程度之差別，而最終導致作物產量及品質表現上之差異。作物能否達到高產優質，與這些差異或變化之發生、發生之時期、以及變化之程度都極有關係。若能及早知悉這種趨勢變化，將有助於及時因應，改變栽培技術措施以促進或調控作物之生長與發育，使作物朝向更有利之方向發展，甚或在施肥技術管理上採取適當之措施，避免作物生育過於旺盛或防止生長不良。因此，如何幫作物把脈，觀其氣色，以掌握先機，進而採取必要之管理措施，對農業生產應用具有實質之意義。

二、水稻的一生

水稻的一生是指從種子萌芽到另一新世代種子形成所經歷的全部過程，可劃分為營養生長及生殖生長兩個時期（圖一）。水稻營養生長是植株自身增大之時期，又可細分為幼苗期及分蘖期，只生長根、莖、葉，其最大特徵是分蘖的增加，一般將分蘖終止作為營養生長結束之標誌；水稻生殖生長是植株繁殖後代之時期，包括伸長期及結實期，從幼穗分化到開花授粉、籽粒充實，其最大特徵是穗的形成。水稻整個生長時期約需 100-170 天左右，各生育期之生長相及生長勢在形態結構上具有階段性的變化，分述如下：

1. 幼苗期之生長發育

水稻種子由胚和胚乳組成，外面包著內、外穎。胚由胚芽、胚軸、胚根和子葉等部份組成。胚芽位於胚軸上端，包括胚芽鞘、兩片幼葉、一葉原基及一生長點，於發芽後分別成為秧苗之鞘葉、不完全葉和第 1、2 完全葉及主莖；胚根位於胚軸下端，發芽後

長成種子根，其先端有根冠，外面有胚根鞘；子葉著生在胚軸上，包括內子葉及外子葉，內子葉亦稱為盾片，其與胚乳相接處有一層筒狀細胞稱為上皮層，發芽時在這層細胞內酵素的作用下，將胚乳中的養份轉化後供給胚萌發需要。稻種發芽時芽鞘先伸出土面稱為鞘葉，呈圓筒狀，不具有葉片及葉綠素，隨後緊接著伸出的是一片不完全葉，其葉片很小，一般肉眼只見葉鞘，具有葉綠素；出苗 2-3 天後長出第 1 片完全葉，再過 2-3 天長出第 2 片完全葉，待第 3 片完全葉完全展開時稱為 3 葉期，幼苗從此開始獨立生活。稻種發芽時最先由胚根向下伸長形成種子根，其作用是在發芽出苗時吸收養份及水份，然後從胚軸之芽鞘節上開始發根，共有 5 根，在秧苗生長初期起立苗作用。從 3 葉期開始，依次從不完全葉節及完全葉節上發根，稱之為不定根。稻種萌發時從種子發芽到長出第 3 片完全葉前，秧苗主要依靠胚乳供給養份生長，並需要有充足的氧氣進行物質能量轉換，到第 3 片完全葉長成時，胚乳中的養份已消耗將盡，此後主要靠根系從土壤中直接吸收養份，幼苗期至此結束。

2. 分蘖期之生長發育

分蘖期的特點是主莖上長出分蘖，營養器官生長迅速，這一階段是決定每公頃穗數的重要時期，同時亦是強健莖稈、成穗奠定物質基礎之時期。水稻基部聚集著若干莖節，稱之為分蘖節。每一莖節長一片葉，葉腋裡有一分蘖芽，在一定條件下腋芽可發育成分蘖，著生分蘖之葉位稱為蘖位，由主莖上發生之分蘖稱為一級分蘖，從一級分蘖上長出之分蘖稱為二級分蘖，以此類推可產生多級分蘖。主莖長出第 4 片葉時開始發生分蘖，分蘖發生之順序是依莖稈自下而上。第 n 片葉出生時，於第 $n-3$ 片葉腋發生分蘖，這一規律稱為「葉蘖同伸規律」。分蘖發生越早，分蘖上之葉片數愈多，成穗的可能性愈大；反之，分蘖發生愈晚，成穗的可能性愈小。因此，促使分蘖早發，可達到增穗之效果。

3. 伸長期之生長發育

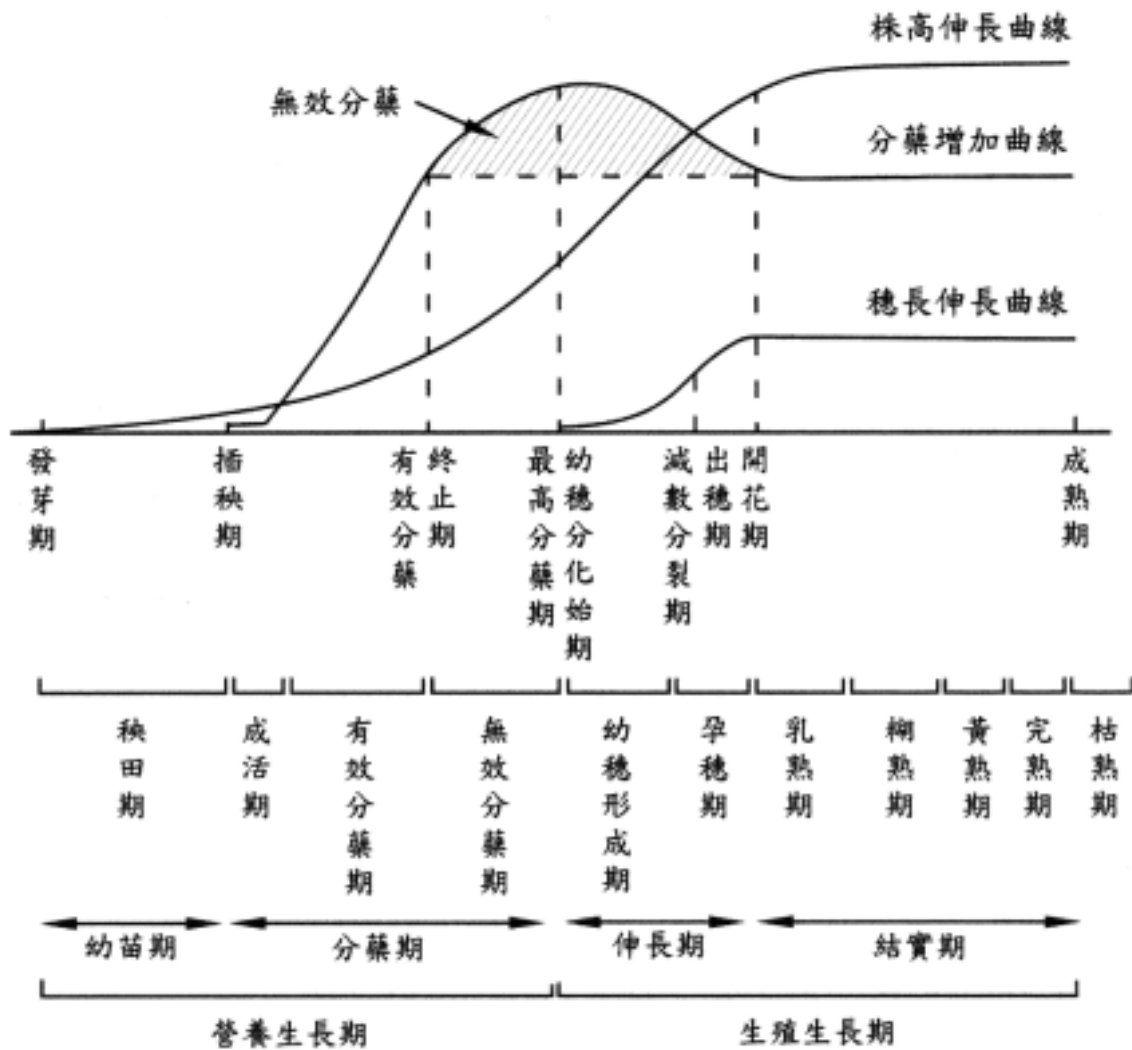
水稻分蘖末期莖節開始伸長、幼穗分化，直到地上部份節間伸長完畢，稻穗抽出稱為伸長期。一般經歷 25-35 天左右，稻穗各發育時期不僅具有自身固有的形態特徵，而且也存在著與其他器官生長之相關性，一般可根據稻穗發育與葉齡指數、葉齡餘數、葉枕距、出穗期、幼穗長度等之相關關係，作為推斷稻穗發育過程及決定田間管理措施之依據。

4. 結實期之生長發育

水稻從抽穗、開花、受精到成熟的階段稱為結實期，是最後決定粒數、粒重及最終形成產量之時期。花粉粒充實成熟後 2-3 天稻穗即伸出劍葉之葉鞘，通常全穗出齊約需 3-5 天，始穗至齊穗約需 5-8 天。在正常情況下，稻穗抽出後當天或 1-2 天即陸續開花，開花時漿片迅速吸水膨大，將外穎推開，由始開至全開約需 10-20 分鐘，此時花絲伸長外露，花藥即行裂開散粉，不久花絲凋萎，花藥逐漸下垂，內外穎閉合，花藥殘留在閉合之穎外而凋萎枯死，開花的全部過程歷時約 2.5-10 小時。稻在開穎前後進行自花授粉，在自然條件下異花授粉率極低。花粉落在柱頭之棘狀細胞上 2-3 分鐘，便可開始發芽，接著花粉管伸進柱頭內，約經 9-12 小時後開始受精，以後子房逐漸膨大，開花後 6-7 天，米粒即可達最大長度，8-10 天後達最大寬度，此時子房內充滿白色乳狀物質，稱為乳熟期；開花後 16-18 天後，米粒外型已基本定型，胚乳中之澱粉增加，且漸趨硬

化是為黃熟期；以後米粒水分繼續減少直至堅硬為完熟期。

水稻在抽穗後，除根系尚能在近地表之不定根上繼續發生大量之分枝根外，莖、葉等營養器官之生長在外觀上都已定型，在內部則仍在進行著一系列之生理生化活動。子粒中累積之乾物質有三分之二以上是由抽穗後之葉片進行光合作用直接提供的，其餘由抽穗前蓄積在莖、鞘中之貯藏物質轉運而來，故在這段時期，凡是能增強根系活力、延長莖葉壽命、提高葉片光合能力、促進物質向穗部轉運之因素，都有利於增加稻穀產量。



圖一、水稻的一生。

三、觀稻葉看氣色

水稻葉片呈長披針形，葉上均勻分佈著許多平行之縱走脈紋，中央為主脈。主脈兩側一直至葉緣，有多條由大小維管束構成之平行脈；大小維管束相間排列，構成粗細相

間之平行脈紋。縱走脈紋之間有橫走之維管束使它們相連通。葉脈不僅有輸導作用，而且有支撐葉片之作用。縱橫葉脈之間有薄壁細胞組織，內含葉綠素，是同化作用之中心機構。葉片內縱向葉脈之間還分佈有通氣組織貫通全葉，與葉表皮組織之氣孔相通，與大氣中的二氧化碳和氧氣溝通氣體交換，使光合和呼吸兩大生理機制能得以順利進行。縱走之維管束直通至葉尖，當傍晚氣溫低，葉面蒸散減弱時，根系吸收之水份量大於消耗量，水份常由葉尖水孔溢出成水珠，這是稻株根系生理功能特徵之一，水珠出現之早遲、大小，在生產上常被用來診斷根系活力強弱之指標。而水稻葉片之特徵診斷分述如下：

1.綠色葉片數

由於新葉片與老葉片之交替，各生育期間只能同時存在數片綠色葉。在分蘗期生長之近根葉，壽命較短，故分蘗期間之主稈綠葉數較少，一般只維持 4 葉(包括心葉在內)，下數第 5 葉則開始變黃漸漸枯死，倘若此時期的綠葉數不足 4 片，分蘗將大受影響；伸長期前後所長出之莖生葉，壽命較長，其保持綠葉數相對較多，一般應保持 4-5 片葉；至孕穗及抽穗期，主稈保持之綠葉數應與伸長節間數相等，即 5 個伸長節間之品種，其主莖稈上應保持 5 片綠色葉片，6 個伸長節間之品種，其主莖稈上應保持 6 片綠色葉片。綠葉數少於節間數，則顯示根系早衰，莖基部之抗倒性下降，可見抽穗至成熟期間應儘可能保持有較多之綠葉數。

2.葉色

不同生理年齡層之葉片，其葉色以至功能均有較大之差別。例如正在抽出之劍葉(頂 1 葉)，其葉色因全葉受光時間不同，葉綠體之形成量亦不同。劍葉前端深於葉基部，全葉葉色淡而不勻，光合效率低，光合產物只留給自身而不輸出；其下部位之頂 2 葉，由於葉綠蛋白合成加速，葉色加深，全葉葉色趨於均勻，其光合功能加強，光合產物在葉鞘上已有明顯之積累，因澱粉粒增大乾物重增加；頂 3 葉葉色進一步加深，光合功能最強，在葉鞘中貯藏之澱粉量最多，澱粉粒最大，積累之養份漸漸開始輸出；頂 4 葉與頂 3 葉光合功能相近，因其葉鞘內之澱粉開始大量分解，輸向當時正在分化生長之新器官中，因此該葉之葉色，在各葉中處於不穩定狀態，受到營養及受光條件之影響而有較大之變化，倘若氮之營養及受光條件良好，則葉端不現褪淡而葉色保持深綠，反之葉端現黃且葉色褪淡開始表現衰老。通常將頂 4 葉與頂 3 葉相互比較，作為診斷之天然比色卡：兩葉葉色相當，表示生長正常；頂 4 葉淡於頂 3 葉，表示缺肥或受光不足衰老之反映；頂 4 葉深於頂 3 葉，表示氮素過多。這一指標在分蘗末期、伸長期、抽穗期作為營養診斷非常實用。一般來說，頂 5 葉進入功能衰退期，葉色褪淡現黃，甚至枯亡。如果頂 4 葉能保持旺盛之光合功能，頂 5 葉或頂 6 葉可以延緩衰老，在孕穗至抽穗期間仍能維持一定之光合及輸出功能，是營養供給良好之形態特徵。

3.葉長

葉之長度因品種而不同，亦因肥料條件而有很大之變化。但同一品種在稻植株生長的一生中，各葉之長短有規律性的變化，莖生葉的長度長於近根葉。水稻進入分蘗期後，在正常營養條件下新長出之葉片，一般比其下一葉增長 20-30%。葉片之伸長為漸變之過程，在移植後之返青過程中，當時心葉之長度因植株受傷而受到劇烈抑制，表現出該

葉鞘長與其下一葉鞘長度相差不大的情況，但到了再長出下一葉時，其長度表現即為正常之增長；到分蘗末期，從近根葉之最上一葉即莖生葉之最下一葉開始，葉片之長度明顯增長，一般要比其下葉增長 50 % 以上，其葉片比較挺立，當第一莖生葉抽出下一葉葉鞘時，稱為飄長葉；各莖生葉之長度，除最上一葉之劍葉較短外，其餘各葉之長度受肥料條件之影響而有很大之變化，都有可能成為莖生葉中最長的一片。因為莖生葉之依次長出，是依次伴隨著無效分蘗期、伸長期及稻穗分化形成同時進行的，所以各莖生葉片之不同長度組成，對於無效分蘗之發生、壯稈之形成、以及每穗穎花數和結實率乃至粒重等，都有重大之影響。

4. 葉形

主要在近根葉與莖生葉的形態上之差異，近根葉之葉緣平滑一直到葉尖端，莖生葉之葉緣到接近葉尖不遠處往往出現收縮狀，使葉端部呈葫蘆狀，稱為葫蘆葉。同一品種在分蘗末至孕穗前之施肥條件控制不同，葫蘆葉收縮之表現程度也不相同。而葫蘆葉之數量，最多與伸長節間數相等，但有時可比伸長節間數於基部少一至二個。

5. 葉鞘之長度與葉枕距

分蘗期各葉葉鞘長度依次漸進增加，由此上下兩葉葉枕之間產生的距離稱為葉枕距。分蘗期間各葉之葉枕距較小，一般在 1-2mm 之間；到伸長期以後，由於節間伸長，各葉鞘著生之起點距離顯著增大，將莖生葉之葉枕距明顯拉開。除了移植植傷會使當時心葉之葉鞘短於或平於其下一葉，而導致其間葉枕距呈負值及零值外，一般而言各葉之葉枕距應為正值，如出現負或零值，植株即表現為矮縮僵苗狀態。不過正常情況下，最基部伸長節間之莖生葉鞘及其下一葉之變形葉鞘，由於其葉鞘長度往往相近，致葉枕距近於零值，此可作為診斷伸長期及幼穗分化期之輔助指標。

6. 葉鞘解剖之碘液染色程度

瞭解水稻植體所含之氮素是否充足或缺乏，有利於施肥之判斷。一般常用碘液染色法，於水稻伸長中期（基部第 2 節間伸長）取頂 3 葉葉鞘作縱向解剖，用碘化鉀溶液染色，觀察其全葉鞘染色程度：若染色部分低於葉鞘全長的二分之一，表示生長過於旺盛之反應；染色部分佔二分之一至三分之二之間，表示生長正常之反應；染色部分超過三分之二長度時，表示氮素開始短缺；染色部分超過五分之四，表示嚴重缺氮之反應。其原理為利用葉鞘的薄壁細胞具有貯藏澱粉的作用。水稻分蘗期以營養生長為主，氮素代謝旺盛，光合產物絕大多數較快地直接輸向各部位新生器官，葉期的貯藏功能相對較小；到達伸長期以後，植株轉向生長莖稈及穗部，碳代謝明顯增強，體內有較多的碳水化合物及澱粉累積，而有利於形成強健的莖稈，並為抽穗開花後籽粒充實的起始，蓄積了充足的物質貯備，因此變形葉鞘的貯藏作用顯著增大。就單葉之葉鞘而言，澱粉累積是從葉鞘基部先開始的，基部的累積量高於中上部位，莖生葉各個葉鞘之澱粉蓄積量是由下而上依次增大，在抽穗期以上部位的 3-4 葉的葉鞘中澱粉貯藏量最多，澱粉粒最大。然而，伸長至抽穗期植株體內的氮素含量常會影響葉鞘及莖稈內之澱粉累積量，過高的氮素含量，其光合產物大量地轉化為含氮化合物，用於新生器官旺盛生長，使無效分蘗增多且葉片及莖稈拉長，導致葉鞘的澱粉含量低，葉鞘乾重變輕。

四、對症下藥-肥料帖

理論上施肥的目的是在適當時期給予水稻適量之養份，使其有效利用而能增加產量。

1. 基肥

本省稻作栽培的氮肥施用以基肥及分蘖期追肥約各佔一半，自幼穗形成期起即甚少再施用氮肥，此種過於重視生育初期之施肥方式，值得多加檢討。因現今以施用化學肥料為主，肥效性很快，容易被吸收及分解損失，尤其在暖地，水稻營養生長原本較旺盛，倘若此時再加入過多之速效性肥料，不僅肥份易於損失，且使水稻在生長初期的生育過於旺盛，容易造成光照不足、通氣不良、及根之機能衰退而影響到下一生育階段，並使無效分蘖增加，易倒伏及罹病蟲害。因此施用基肥固然重要，但保持水稻生育後期稻株之健康尤其必要。

2. 最高分蘖期前之追肥

此時施肥之目的以增加一株穗數為主。如欲增加穗數或使穗數達到一定標準以上，通常在生育前期需施用過半量之肥料。移植後分蘖愈早者其對產量之貢獻亦愈大，故欲增加最有效之穗數，需在成活期或分蘖盛期前之短期間內施用肥料，才有較大之效果。過遲之追肥反而有害，且通常在最高分蘖期前 10-15 天左右為有效分蘖之終止期，故最遲宜在最高分蘖前 25 天施用完畢。

3. 幼穗形成期之施肥或穗肥

此時施肥之目的以增加一穗粒數為主。自穗頸分化期至穎花分化期間，如果肥料不足則會影響到幼穗之分化，故在此時期追施適當肥料，對幼穗分化之促進有很大之幫助，一株穗數可得到顯著之增加。

4. 齊穗期之施肥或實肥

其目的在增加成熟期間穀粒之充實。一般認為水稻自出穗後之成熟期間，其光合作用所產生之澱粉轉移到穀粒者約佔穀粒中澱粉總量之三分之二，亦即產量約有三分之二需靠成熟期間之同化作用，因此出穗後水稻光合成作用之大小，支配了產量之高低，且一般出穗後，水稻之光合作用機能逐漸衰退，故出穗後同化作用能力之維持在稻作上極為重要。

一般研究發現，肥料之吸收時期較吸收量對產量之影響力更大。松島省三（1960）發現若能有效利用氮素，水稻之主要施氮時期可分為四期：（1）在旺盛分蘖期以增加穗數，（2）在頸節發生期以增加穎花數目，（3）在細胞減數分裂期以防分化後穎花之退化及增加穀實之體積，（4）在齊穗期為求提高結實率。但若土壤有充分之氮素供給，除基肥外水稻欲在此等時期都施用氮肥，既不需要也不必要。因此土壤間在供給與保存氮素能力上大有差別：若土壤氮素供給豐富，在生長各期施用是不必要的；若土壤供應氮素中等，在生殖初期施肥一次即足夠；若土壤有效性氮素貧乏，在種植期及幼穗期都需要施肥，例如砂土地本身含氮量低及流失嚴重，所以氮肥施用次數更要增加。水稻對氮素之需要有三個高峰時期：營養器官生長早期及抽穗初期，因此在氣候溫暖地區宜多分兩次施用，一次在種植期，另一次在抽穗開始期。綜言之，若施肥之程度能使水稻生育各

期之末期略呈缺肥狀態，亦即在生育各期之末期施肥時能突顯出其成效，則稻株在生育各期就能保持健康狀態。

五、結論

研究作物器官形態之最終目的在於應用到農業生產上，因此對作物之生長與發育各方面之特徵，務必有一全面性之瞭解。尤其應該注意到作物生長及發育與內在及外在因素之間的各種關係，以及形態結構在各生育期之動態變化。作物之生長相及生長勢，並非單純的生理反應及形態結構上之變化，而是生理反應伴隨著形態及結構變化以有順序且連續不斷演進之綜合結果。因此，在作物育種及栽培方面，生長相及生長勢之特性探討是相當重要且複雜的課題。水稻是我國重要糧食作物，維持優質之生長相及生長勢，對農業生產具有實質之意義。所謂預防勝於治療，若能及早由水稻葉片之特徵診斷，預知水稻生長相及生長勢的變化趨勢，以提供相應適當之環境條件，有效掌控肥培管理，相信更能合理利用資源，以達高產優質之目的。

六、參考文獻

- 1.朱鈞。1975。穀類作物高產量之生理與形態特性。科學農業 23：104-107。
- 2.汪呈因。1974。稻作與米。徐氏基金會。
- 3.林明華。1973。葉齡指數與幼穗發育及分蘖關係研究。中華農業研究 23：176-197。
- 4.凌啟鴻。1983。水稻品種不同生育類型的葉齡模式。中國農業科學 1：1-12。
- 5.凌啟鴻。1991。水稻葉齡模式的應用。江蘇科學出版社。
- 6.凌啟鴻、張洪程、蘇祖芳、凌勵。1994。稻作新理論—水稻葉齡模式。科學出版社。
- 7.陳烈夫、曾東海、卓緯玄。2002。活用水稻葉齡生理特徵。技術服務 13：(印刷中)。
- 8.陳烈夫、魏夢麗、鄭統隆、廖大經、陳正昌、曾東海、劉大江。1996。臺灣水稻產量的一些生理問題。稻作生產改進策略研討會專刊。79-88 頁。臺灣省農業試驗所特刊第 59 號。
- 9.郭華仁、朱鈞。1980。形態生理學—現代作物生產的理論基礎。科學農業 28：327-333。
10. 蔡文福。1964。水稻收量之構成要素及其與氮肥施用時期之關係。科學農業 12：233-241。