

# 109 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試  
類 科：農業技術  
科 目：作物生理學

一、(一)請詳述土壤的性質如何影響礦物元素養分(mineral nutrient)的可利用性。(15 分)

(二)請建構作物礦物元素養分含量與生長(產量)關係圖，並詳述如何依二者關聯性來安排肥料施用時程，以達到最適化產量目的。(10 分)

【擬答】：

(一) A: 土壤 pH 會影響到植物對於營養元素的吸收，酸性土壤可能會產生的問題：a) 鐵、鋁、錳毒害；b) 磷容易與鐵、鋁氧化物結合、沉澱，植物會有缺磷的現象；c) 強酸環境下，土壤有機物不易釋出植物所需的氮、硫與磷等營養；d) 強酸環境下，土壤鹽基離子容易流失，硼、鋅、銅與鉬等微量元素也會欠缺，相反的，在強鹼的環境下，鋁、鐵、錳、鋅、銅這些元素幾無法溶入土壤溶液中，因此使植物缺乏這些微量元素，磷在強鹼的環境下則會與鈣結合，形成不溶性化合物，植物不易取用，會有缺磷的問題。

B: 土壤的有機質，特別是腐植質具有聚合程度較強、分子量較大、可帶較多電荷，因此在穩定土壤構造、吸附水分和養分等方面，均有較佳的表現，可改善土壤的形態特徵與性質。另外，腐植質也較不容易被細菌分解，可以將碳固定下來後，保留碳長達數十年、甚至數百年的時間，對於減碳有很顯著幫助。但是若土壤有機物含量太高，腐植酸豐富，也有可能使土壤呈現強酸反應，不利於植物的生長。

C: 土壤陽離子交換能力係指土壤顆粒與有機物內部和外部表面吸附之陽離子，與土壤中(特別是土壤溶液中)可交換之陽離子間，均能自由地交換，一般以一公斤的土壤可交換之百分之一莫耳數陽離子為單位( $\text{cmol}(+)/\text{kg soil}$ )。而因土壤中黏粒和腐植質的表面積大，所攜帶的電荷較多，主導了土壤陽離子交換能力。不同的有機物和黏土礦物的 CEC 值不同，值越大，表示土壤吸附陽離子的能力越強。一般影響土壤 CEC 值大小的因子有：a) 有機質的含量越多則 CEC 越大；b) 黏土礦物的種類；c) 黏粒含量越多，CEC 值越大；d) 土壤礦物的風化程度，風化程度高的礦物含量越多(風化程度越強)，CEC 值越小。

(二) 三要素肥料的施用，就作物品種之特性而言，生長潛力較大之品種需肥量尤其是氮肥，高於生長潛力低者。水稻矮性多蘗、葉片直立不易倒伏之品種產量高，氮肥之施用量通常應較高，反則較低。以作物生長期而言，晚熟品種因生長期長，故需肥量應大於早熟品種，且施肥時期也應適度的調整提早。氣候因素考慮，在日照充足時光合成產物之生產潛力增加，如能配合供給多量氮肥，就可將此潛力充分發揮，而獲得高產，反之則造成減產。陽光不足時，作物通常需要較高量的鉀素營養，因此增加鉀肥的施用，才能維持作物正常的光合效率。水分是生長的主要限制因子，在水分較缺乏季節，作物的乾物生長量減少，相對的肥料需要量亦應減少。溫度升高時一般作物生長旺盛，且在高溫季節土有機物分解也會加速，相對的釋放出氮素較快，根的吸收率也高，所以應減少氮肥施用量，溫度降低時，磷素的吸收受到阻礙，例如同一塊田在不同溫度期種植玉米或高粱時，其缺磷症狀的表現低溫期較高溫期明顯。

二、油脂含量高的種子，例如油菜、棉花、向日葵，其油質體(oleosome)可作為儲藏胞器，請詳述其來源、結構、組成及種子發芽過程脂質如何轉化成醣類以供幼苗生長使用。(20 分)

【擬答】：

(一)油質體是植物細胞中的一種質粒體，屬於白色體，其主要功能為儲存和合成脂質，油質體過去認為分散在油粒體的基質中，後來發現它們可能與類囊體基粒邊緣膜曲率最大處相連，其外側由原纖維蛋白包覆以避免其相互融合，內部除了脂類外，還有與類萜代謝有關的酵素。數個質粒體小球可以細頸狀的區域彼此結合成串狀。和其他質粒體一樣，油粒體有自己的環狀 DNA，可自行透過分裂而增生。

(二)油質體中儲存的脂質在需要時可分解供植物使用。以種子細胞中的油粒體為例，儲存的三酸甘油酯先被脂酶分解成甘油與三分子游離的脂肪酸，甘油可轉換成醣類或參與呼吸作用，脂肪酸則入乙醛酸體，經過 $\beta$ -氧化作用形成 acetyl-CoA，在檸檬酸合成酶的作用下乙醯 CoA 與草醯乙酸縮合為檸檬酸，再經烏頭酸酶催化形成異檸檬酸。隨後，異檸檬酸裂解酶(isocitratelase)將異檸檬酸分解為琥珀酸和乙醛酸。再在蘋果酸合酶(malate synthetase)催化下，乙醛酸與乙醯 CoA 結合生成蘋果酸。蘋果酸脫氫重新形成草醯乙酸，可以再與乙醯 CoA 縮合為檸檬酸，於是構成一個迴圈。其總結果是由 2 分子乙醯 CoA 生成 1 分子琥珀酸。琥珀酸由乙醛酸循環體轉移到線粒體，在其中通過三羧酸迴圈的部分反應轉變為延胡索酸、蘋果酸，再生成草醯乙酸。然後，草醯乙酸繼續進入 TCA 迴圈或者轉移到細胞質，在磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶(PEP carboxykinase)催化下脫羧生成磷酸烯醇式丙酮酸(PEP)，PEP 再通過糖酵解的逆轉而轉變為葡萄糖 6 磷酸並形成蔗糖。有時三酸甘油酯只釋出兩個脂肪酸，形成甘油一脂，也會直接從油粒體移至乙醛酸循環體加以分解不同植物分解油粒體的機制有所差異。向日葵、油菜和蓖麻等的種子脂酶存在油粒體中，而棉花種子的脂酶則是在細胞質合成後再送入油粒體中。

三、離層酸(abscisic acid, ABA)為逆境荷爾蒙，並且與調控植物包括蠶豆，蕃茄的氣孔開關、水分蒸散速率及逆境抗性有關。請依此詳述在土壤水分缺乏(water-deficiency)下，植物如何經由影響 ABA 生合成及作用機制，增進作物乾旱逆境耐受性。(25 分)

【擬答】：

植物在壤水分缺乏(water-deficiency)下，土壤缺水促進植物根部 ABA 的生合成，ABA 生合成由牻牛耳基牻牛耳基焦磷酸(geranylgeranylpyrophosphate, GGPP)開始後經由八氫茄紅素合成酶(phytoene synthase)合成 phytoene，之後藉由八氫茄紅素去氫酶(phytoene desaturase)的作用加入 6 個額外的雙鍵，產生  $\zeta$ -胡蘿蔔素( $\zeta$ -carotene)，再經過另一次的去飽和(desaturation)作用，將黃色的  $\zeta$ -carotene 轉換紅色的茄紅素(lycopene)，再藉由環化酶(cyclase)的作用，即可轉化成  $\beta$ -胡蘿蔔素( $\beta$ -carotene)，之後再轉變成玉米黃素，再轉成全反式紫黃質，部分全反式紫黃質再轉全反式新黃質，其中全反式紫黃質與全反式新黃質再轉成 9-順-紫黃質與 9-順-新黃質，之後 9-順-紫黃質與 9-順-新黃質經由 ABA 生合成關鍵酵素 NCED 的作用形成黃質醛(xanthoxin)，黃質醛之後迅速代謝成為離層素。合成的 ABA 經由木質部向地上部的轉運，導致 ABA 在葉片中積累，從而促進 ABA 與 PYR 接受子結合後，釋出 SnRK2 去啟動 cADPR、IP<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 等第二信使，通過多種途徑使胞內鈣離子濃度增加。鈣離子濃度升高會抑制細胞質膜鉀離子內流通道，同時激活氯離子外流通道，導致保卫細胞滲透勢下降，氣孔關閉以減少水分散失等來提高作物乾旱逆境耐受性。

四、請詳述高溫乾燥環境下，為何 C<sub>4</sub> 作物比 C<sub>3</sub> 作物具有較高的光合作用效率(photosynthesis efficiency)及作物產量。(30 分)

【擬答】：

(一)C<sub>4</sub> 植物葉片的維管束薄壁細胞較大(減少維管束的水分輸送到葉肉細胞)，其中含有許多較大的葉綠體，葉綠體沒有基粒或基粒發育不良；維管束鞘的外側密接一層成環狀或近於環

狀排列的葉肉細胞，組成了“花環型”(Kranz type)結構(細胞間隙小，減少葉肉細胞的水分蒸散)。這種結構是 C4 植物的特徵，葉肉細胞內的葉綠體數目少，個體小，有基粒。維管束鞘薄壁細胞與其鄰近的葉肉細胞之間有大量的胞間連絲相連。C3 植物的維管束鞘薄壁細胞較小，不含或很少葉綠體，沒有“花環型”結構，維管束鞘周圍的葉肉細胞排列鬆散(水分蒸散快)。四碳植物則有不同於三碳植物的固碳途徑，C4 植物中，存在一個 CO<sub>2</sub> 濃縮的機制，C4 植物會先將二氧化碳轉化為四碳的化合物，即草醋酸或天冬氨酸。促使二氧化碳在葉肉細胞中被吸收和固定作用的是一種叫磷酸烯醇丙酮酸(phosphoenolpyruvate, PEP)羧化酵素。此四碳化合物會被運送到葉肉中的維管束鞘細胞內儲存，在那裡二氧化碳會重建並且直接參與核酮糖 1,5 二磷酸羧化酵素(RuBisCO)的轉化途徑，以斷絕 RuBisCO 吸收氧氣並進行光呼吸作用，進而可以增加光合作物產量。

(二)此外 C3 植物光飽和點較低，通常晴天中午的光強常超過植物的光飽和點，很多 C3 植物，如水稻、小麥、棉花、大豆、毛竹、茶花等都會出現光抑制，輕者使植物光合速率暫時降低，重者葉變黃，光合活性喪失。當強光與高溫、低溫、乾旱等其他環境脅迫同時存在時，光抑制現象尤為嚴重。通常光飽和點低的陰生植物更易受到光抑制危害，大田作物由光抑制而降低的產量可達 15%以上。相反的，C4 因具有較高的光飽和點可以減少光抑制現象的發生，所以不會影響作物產量。