

北部地區國產大豆氮施用量之研究¹

林勇偉²

摘 要

氮是大豆生長過程需要的主要養分之一，為瞭解不同氮施用量下之大豆生長情況，本研究探討氮施用量對北部地區國產大豆生長之影響。田間試驗分兩年進行，第 1 年探討北部地區國產大豆氮施用量，在鉀施用量較低情況下，提高氮施用量可促進植株株高、單株莢數並增加產量。而在高鉀供應下，氮施用量可以降低至 20 kg ha^{-1} 。第 2 年探討根瘤菌施用對於氮用量之影響，配合固氮根瘤菌每公頃大豆播種量混拌 1 L 菌劑之施用，可降低氮施用量至 5 kg ha^{-1} ，大豆產量尚可達 2.18 ton ha^{-1} ，此方法可減少 75%-92%之氮肥施用量。

關鍵詞：需肥量、根瘤菌

前 言

大豆為我國重要的飼料及糧食作物，而國內多仰賴進口，自給率低，我國大豆每年進口量約 200 萬公噸以上，且 96.5%進口大豆為基因改造大豆，基於糧食安全，消費者對國產非基改大豆需求與日俱增。配合政府推動活化休耕地及大糧倉計畫，將大豆列為進口替代作物之一，以及水旱輪作推薦作物，以提高國內雜糧栽種面積，進而提高國內糧食自給率。近年來，北部地區各界積極投入大豆栽培，惟農民尚無適宜之合理化施肥用量可作參考，致使目前大豆栽培之品質及產量不穩定。大豆中的氮和大豆乾物質的形成是有一定關係的，可透過大豆氮供應及大豆生產以進行探究。過去國內針對北部地區國產大豆進行土壤肥培管理之研究為數甚少，亟需探討之以提高國產大豆產量及品質。因此，本研究針對北部地區國產大豆進行氮肥施用量及調控進行評估，以期建立北部地區國產大豆氮肥施用推薦量，以供農友作為施肥參考。

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究彙報第 537 號。

² 桃園區農業改良場助理研究員(通訊作者，squirrelis@tydais.gov.tw)。

材料與方法

本研究自 2017-2018 年於桃園市新屋區本場試驗田區進行。供試肥料為尿素、過磷酸鈣及氯化鉀，供試品種為大豆台南 3 號。

一、氮需要量試驗

2017 年進行氮肥需要量試驗，氮用量分別為 20、40、60 及 80 kg ha⁻¹ 4 級，分別於氧化鉀 25 kg ha⁻¹ 低鉀施用量田區及 75 kg ha⁻¹ 高鉀施用量田區種植大豆。試驗採逢機完全區集設計（randomized complete block design, RCBD），8 處理，3 重複，小區面積 12 m²。氮及鉀肥施用量之 50% 於整地前撒施後耕犁入土，並與土壤充分混合，餘 50% 於播種後 20 日施用，磷鉀施用量為 60 kg ha⁻¹，全量當基肥。

二、根瘤菌施用對氮調控之影響

2018 年進行根瘤菌施用對氮用量影響試驗，氮用量為 5、10 及 20 kg ha⁻¹ 3 級。為瞭解不同根瘤菌菌劑用量之影響，試驗處理分別為不施根瘤菌、根瘤菌每公頃大豆播種混拌 1 或 2 L 菌劑，而以不施根瘤菌為對照，採逢機完全區集設計（RCBD），9 處理，3 重複，小區面積 12 m²。氮及鉀肥施用量之 50% 於整地前撒施後耕犁入土，並與土壤充分混合，餘 50% 於播種後 20 日施用，磷施用量為 60 kg ha⁻¹，全量當基肥。根瘤菌施用方式為 45 kg ha⁻¹ 台南 3 號大豆播種量與根瘤菌劑拌種後再行播種。

三、調查項目

調查試驗前後土壤理化性質，分析土壤 pH 值、電導度值、有機質含量及 Bray-1 磷及 Melich-I 可萃取性鉀、鈣及鎂含量。大豆收穫後每小區隨機取樣 15 株調查株高、始莢高度、主莖節數、分枝數、單株莢數、單株粒重及百粒重，以評估不同施肥處理對大豆生育及產量之影響，公頃產量則以 1 m² 為範圍進行調查及推估。

四、分析方法

土壤理化性質分析以 pH meter 測定 pH 值（土：水=1：1）（McLean, 1982）；以電導度計測定 EC 值（土：水=1：5 v/w）（Rhoades, 1982）；以 Walkley-Black 法測定有機碳（Nelson and Sommers, 1982），並換算成土壤有機質含量；白雷氏第一法

(Bray-1) 抽出土壤 Bray-1 磷，以鉬藍法呈色後，使用可見光分光光度計比色測定 (Olsen and Sommers, 1982)；孟立克氏第一法抽出土壤可萃取性鉀、鈣及鎂 (張, 1991)，再以感應耦合電漿原子發射光譜儀 (Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer, ICP-AES) 測定。植體成分分析利用凱氏法 (regular Kjeldahl method) 分解，以蒸餾法測定全氮；其餘要素之分析以二酸混合液 ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 = 5 : 1$) 分解，分解液以 Murphy 和 Riley (1962) 法測定磷含量，以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定鉀、鈣及鎂含量。

五、統計分析

數據以 SAS (Statistical Analysis System 6.10, SAS Institute, 1990) 程式進行分析，處理因子達顯著差異者，再使用最小顯著差異性測驗 (least significance difference test, LSD) 測定處理因子間之差異。

結果與討論

一、氮肥用量對大豆生長之影響

在施用氧化鉀 25 kg ha^{-1} 條件下，大豆株高及單株莢數均以施用氮 80 kg ha^{-1} 處理為最高 (表 1)，較其他處理株高高約 8.9%-9.6%，單株莢數則高約 7.5%-9.4%，兩者均達顯著差異；顯示在本試驗的環境條件下提高氮肥可增進植株株高及豆莢數。Herlianal 等 (2019) 認為提高氮肥施用量可增加植株高度、葉片面積及豆莢數量。氮是大豆生長過程必要養分之一，在大豆生長過程中，對大豆施加適量的氮肥可以促進大豆生長期對氮的吸收，也可以促進大豆乾物質之累積，實現大豆高產量目的。在各處理中大豆始莢高度為 11.8-12.9 cm，平均為 12.3 cm，可避免因採收部位太低而影響機械採收之操作。大豆分支數及主莖節數以施用氮 80 kg ha^{-1} 處理為最高，惟處理間差異不顯著。Gardner 和 Miller (2004) 研究指出大豆生長所需養分中，以氮尤為重要，氮可刺激植株整體生長，特別是植株的莖、枝條及葉片之生長。本研究結果顯示，植株分支及主莖節數多寡與氮肥施用量無顯著相關，可能係在低氮供應下，可提供根瘤菌較佳生長環境，致使植株分支生長之表現無明顯差異。Imsande (1986) 亦認為氮肥的施用能提供土壤中有效性氮含量，在大豆生長初期能加快根瘤菌生長，增加固氮能力。試驗結果亦顯示，大豆單株粒重、百粒重及每公頃產量均以施用氮 60 及

80 kg ha⁻¹ 之處理較施用 20 及 40 kg ha⁻¹ 之處理為高，且達顯著差異。Zainal 等 (2014) 則認為不同氮肥施用量均可以提升土壤中氮含量，若土壤中氮含量能滿足大豆生長所需，便可增進其生產。氮對於蛋白質和葉綠素的組成相對重要，氮可用於葉綠素合成，而葉綠素於光合作用中進行陽光捕獲，所產生的光合產物則於豆莢中貯存，進而增進植株的生殖生長 (Lakitan, 1993)。

表 1. 在施用鉀肥 25 及 75 kg ha⁻¹ 條件下不同氮素用量對農藝性狀之影響

Table 1. Effects the rates of nitrogen fertilizers on agronomic characters with potassium fertilizers at 25 and 75 kg ha⁻¹ (K₂O).

處理 Treatments	株高 Plant height (cm)	始莢高度 Height of the first pod (cm)	分枝數 Number of branch (no. plant ⁻¹)	主莖節數 Number of node (no. main stem ⁻¹)	單株莢數 Number of pod (no. plant ⁻¹)	單株粒重 Seed weight (g plant ⁻¹)	百粒重 100-seed weight (g)	公頃產量 Yield (ton ha ⁻¹)
Potassium oxide 25 kg ha ⁻¹								
N20 ^z	63b ^y	11.8a	5.7a	15.1a	101b	30.4b	13.6b	1.80b
N40	63b	12.7a	5.6a	15.2a	99b	30.8b	14.3ab	1.85b
N60	63b	11.9a	5.7a	15.1a	101b	34.3a	15.1a	2.06a
N80	70a	12.9a	6.0a	15.5a	109a	35.3a	14.9ab	2.12a
Potassium oxide 75 kg ha ⁻¹								
N20	60b	12.9a	5.5a	14.6b	108a	33.5a	14.5a	2.01a
N40	59b	9.2b	5.5a	15.0ab	107a	35.0a	14.7a	2.10a
N60	68a	11.9ab	6.1a	15.8a	112a	33.2a	14.6a	1.99a
N80	64ab	11.8ab	5.8a	15.6ab	101a	31.5a	14.8a	1.89a

^z N 後數字分別代表施用氮 20、40、60 及 80 kg ha⁻¹。

^y 同行英文字母相同表示經 LSD 顯著性測驗在 5% 水準差異不顯著。

^z N represent the application of nitrogen 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹, respectively.

^y Mean values within column followed by the same letters are not statistically different by LSD at 5% probability.

在施用氧化鉀 75 kg ha⁻¹ 下，大豆株高以施用氮 60 kg ha⁻¹ 處理為最高，較施用 20 及 40 kg ha⁻¹ 處理之株高高出 8.2-9.1 cm，達顯著差異，且較施用 80 kg ha⁻¹ 處理之高度高出 4.0 cm。單株莢數以氮施用 60 kg ha⁻¹ 處理差距為最高，較其他處理每株可高出 3.9-10.1 個，惟無顯著差異。單株粒重以施用氮 40 kg ha⁻¹ 處理之 35.0 g 最高。百粒重為 14.5-14.8 g，各處理間無差異。分枝數及主莖節數以施用氮 60 kg ha⁻¹ 處理最高，惟處理間差異不顯著。換算後之每公頃產量以施用氮 40 kg ha⁻¹ 處理最高；顯示在鉀肥充足下，以提高氮施用量，不但不會增進作物的產量，鉀是植物生長所必需的大量

營養元素之一 (Singh *et al.*, 2004)，在植物體內的含量僅次於氮。大豆是需鉀較多之作物 (胡等, 2011)。王等 (2008) 認為氮、磷及鉀對大豆增產的效應以氮為最重要，其次為鉀，最後為磷，顯示氮及鉀對大豆產量增加的重要性。當施鉀量過低不能滿足大豆的生長需求可能造成減產，而施鉀量過高易造成資源浪費，同時在某種程度上將降低大豆生長發育。

不同氮肥施用量試驗之土壤肥力分析結果 (表 2)，土壤 pH 值介於 4.3-4.8，隨氮肥用量增加，土壤 pH 有下降趨勢，且較試驗前下降 0.5-1.0 單位，原因係試驗中使用之化學肥料均可致使土壤酸鹼度下降；土壤 EC 值介於 0.14-0.21 dS m⁻¹；有機質含量介於 30-44 g kg⁻¹；白雷氏第一法磷含量介於 11-15 mg kg⁻¹；可萃取鉀含量介於 72-109 mg kg⁻¹，各處理間並無顯著差異。可萃取鈣含量介於 324-516 mg kg⁻¹，可萃取鎂含量介於 75-135 mg kg⁻¹，各處理在試驗後可萃取鈣及可萃取鎂含量均較試驗前低，顯示大豆生長期間土壤中鈣和鎂被植株吸收外，部分鈣和鎂可能被流失。

表 2. 氮施用量對大豆土壤化學性質變化之影響

Table 2. Effects of nitrogen fertilizers rates on soil chemical properties after soybean harvested.

處理 Treatments	酸鹼值 pH(1:1)	電導度 EC(1:5) (ds m ⁻¹)	有機質 OM (g kg ⁻¹)	Bray-1 磷 Bray-1 P ----- (mg kg ⁻¹)	可萃取鉀 Mehlich-1 K ----- (mg kg ⁻¹)	可萃取鈣 Mehlich-1 Ca ----- (mg kg ⁻¹)	可萃取鎂 Mehlich-1 Mg ----- (mg kg ⁻¹)
Initial	5.3	0.17	34	12	65	541	113
Potassium oxide 25 kg ha ⁻¹							
N20 ^z	4.8a ^y	0.14a	32ab	11a	109a	516a	135a
N40	4.3c	0.17a	31ab	15a	87a	427ab	108bc
N60	4.4c	0.17a	33ab	15a	94a	448ab	119ab
N80	4.6abc	0.14a	34a	13a	92a	368bc	83d
Potassium oxide 275 kg ha ⁻¹							
N20	4.8ab	0.18a	30b	14a	72a	455ab	115ab
N40	4.5bc	0.21a	30b	15a	100a	478a	123ab
N60	4.5bc	0.16a	33ab	14a	80a	368cb	91cd
N80	4.5bc	0.15a	30b	13a	82a	324c	75d

^z N 後數字分別代表施用氮素 20、40、60 及 80 kg ha⁻¹。

^y 同行英文字母相同表示經 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

^z N represent the application of nitrogen 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹, respectively.

^y Mean values within column followed by the same letters are not statistically different by LSD at 5% probability.

二、大豆根瘤菌施用對氮肥調控之影響

表 3 顯示，不同氮施用量及接種固氮根瘤菌對國產大豆‘台南 3 號’生長之影響，植株株高介於 41.5 至 56.8 cm，以施用氮 20 kg ha⁻¹ 處理最高。始莢高度介於為 5.5 至 7.8 cm，以施用氮 5 kg ha⁻¹ 處理為最高。大豆百粒重介於 14.5 至 16.5 g，以施用氮 10 kg ha⁻¹ 配合固氮根瘤菌每公頃播種量混拌 1 L 菌劑之處理為最高。大豆種子未混拌根瘤菌之處理，隨氮肥施用量增加，百粒重先增後減；而大豆混拌根瘤菌之 2 種劑量時，百粒重則隨氮肥施用量增加有增加的趨勢。每公頃產量介於 1.77 至 2.22 噸，以施用氮 10 kg ha⁻¹ 配合固氮根瘤菌每公頃播種量混拌 2 L 菌劑之處理為最高。根瘤菌的生長受外源氮的影響很大，過多的施用氮肥，不僅降低大豆的共生固氮，亦達不到增產的效果（Imsande, 1986）。大豆氮來源有三，包含土壤、施肥及根瘤固定大氣中氮，三者之間相輔相成但又相互制衡，共同提供大豆生長所需之氮養分。Ohwaki 和 Sugahara（1997）認為大豆與根瘤菌共生固氮作用所固定的氮約占大豆生長需氮量的 50%-60%。根瘤菌的生長受化學氮肥所影響，當土壤氮含量高時，根瘤菌共生作用則受到抑制，以致接種菌劑之增產效果不顯著（盛，1964）。土壤氮含量少時，接種根瘤菌劑則有顯著增進效果（劉，1980）。每公頃施用氮 5 kg 配合固氮根瘤菌每公頃混拌 1 L 菌劑之處理，與每公頃施用氮 10 kg 配合固氮根瘤菌每公頃混拌 2 L 菌劑處理者之產量表現間並無顯著差異。考量固氮根瘤菌施用量成本，以較少量之每公頃播種量混拌 1 L 菌劑即有相當的產量，故建議以每公頃施用氮 5 kg 配合固氮根瘤菌每公頃混拌 1 L 菌劑可作為北部地區栽培大豆‘台南 3 號’較適宜之氮肥管理方式。

表 3. 不同氮施用量及接種固氮根瘤菌對國產大豆生長之影響

Table 3. The effect of different nitrogen application levels on the growth of soybean inoculated with *Rhizobia*.

處理 Treatments	株高 Plant height (cm)	始莢高度 Height of the first pod (cm)	百粒重 100-seed weigh (g)	公頃產量 Yield (ton ha ⁻¹)
N5-R0 ^z	56a ^y	7.8a	15.5a	1.77c
N10-R0	53a	7.6a	16.1a	1.89b
N20-R0	57a	7.6a	15.2a	1.88b
N5-R1	50a	6.0a	15.3a	2.18a
N10-R1	48a	5.5a	16.5a	1.96ab
N20-R1	49a	6.3a	16.4a	2.09a
N5-R2	42a	5.8a	14.5a	1.95ab
N10-R2	54a	6.4a	14.8a	2.22a
N20-R2	50a	6.7a	15.1a	1.90b

^z N 和 R 後數字分別代表施用氮素 20、40、60、80 kg ha⁻¹ 和種子混拌根瘤菌劑量 0、1、2 L。

^y 同行英文字母相同表示經 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

^z N and K represent the application of nitrogen 20, 40, 60, 80 kg ha⁻¹ and rhizobium mixed 0, 1, 2 L, respectively.

^y Mean values within column followed by the same letters are not statistically different by LSD at 5% probability.

結 論

氮是大豆生長不可缺乏之必需要素，因現行肥料價格較便宜，常會過度施用，尤其是高量氮肥之施用，試驗結果顯示，在鉀施用量較低之情況下，氮適宜之施用量為 60 kg ha⁻¹，大豆產量可達 2.06 ton ha⁻¹；而在鉀施用量較高之情況下，氮施用量可降低至 20 kg ha⁻¹，大豆產量尚可達 2.01 ton ha⁻¹。固氮根瘤菌之固氮能力取決於土壤中氮之濃度，於低氮濃度環境下，接種根瘤菌可替代部分氮肥，因此，配合固氮根瘤菌每公頃播種量混拌 1 L 菌劑之施用，氮肥用量可降低至 5 kg ha⁻¹，大豆產量則達到 2.18 ton ha⁻¹。故大豆生產可藉由施用根瘤菌及搭配較低量之氮肥，即可達到減少肥料施用之目的。

參考文獻

- 王政、高瑞鳳、姜濤、倪永君、姜德鋒。2008。氮磷鉀肥配施對大豆產量的影響研究。青島農業大學學報 25(2):131-134。
- 胡文河、宋紅凱、馬金華。2011。草原黑土不同施鉀量對大豆生長發育及產量和品質的影響。吉林農業大學學報 33(2):130-133。
- 盛澄淵。1964。豆科作物-肥料學。p. 186-194。
- 劉和。1980。土壤學。p. 229。
- Gardner, D.T. and R.W. Miller. 2004. Soils in our environment prentice hall. New Jersey. Journal of biogeography p. 550.
- Herliana1 O., T. Harjoso, A.H.S. Anwar, and A. Fauzi. 2019. The effect of *rhizobium* and N fertilizer on growth and yield of black soybean (*Glycine max (L) Merril*). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 255.
- Imsande J. 1986. Inhibition of nodule development in soybean by nitrate or reduced nitrogen. J. Exp Bot. 37:348-355.
- Lakitan, B. 1993. Basics of plant physiology. PT raja grafindo persada. Jakarta. p. 205.
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. p. 199-224. In: A. Klute *et al.* (eds.) Method of soil analysis. part I. 2nd edition. ASA, Madison, WI. USA.
- Murphy, J. and L.E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27:31-36.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis, part 2. 2nd ed. Agronomy monograph no.9, p. 539-579.
- Ohwaki Y. and P. Sugahara. 1997. Active extrusion of protons and exudation of carboxylic acids in response to iron deficiency by roots of chickpea (*Cicer arietinum L.*). J. Plant Soil. 189:49-55.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-429. In: A.L. Page (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. p. 167-179. In: A.L. Page (ed.). Methods of soil analysis, part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.

- SAS Institute. 1990. SAS User guide 6.10 edition. SAS Institute Inc., SAS Circle, Box8000, Cary, NC 27515-8000, USA.
- Singh B., Y. Singh, and P. Imas. 2004. Potassium nutrition of the rice-wheat cropping system. J. Advances in Agronomy. 81:203-258.
- Zainal M., A. Nugroho, and N.E Suminarti. 2014. Response of growth and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) at various N fertilization levels and chicken cage fertilizers. *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(6):484-490.

The study on the application amount of nitrogen fertilizer for soybean in Northern Taiwan¹

Yung-Wei Lin²

Abstract

Nitrogen is one of the main nutrients required for soybean growth. In order to understand the growth of soybeans at different nitrogen application rates, this study investigated the effects of nitrogen application rates on the growth of domestic soybeans in the northern Taiwan. The field trial was conducted in two years. In the first year, the rates of nitrogen fertilizer application of domestic soybeans in the northern Taiwan was evaluated. In the case of less potassium fertilizer applied, increasing the amount nitrogen fertilizer application can improve the plant height, the number of pods per plant and the yield of soybean. Under high K fertilizer supply, the rate of nitrogen application can be reduced to 20 kg ha⁻¹. In the second year, the effect of rhizobia application on nitrogen fertilizer regulation was studied. Combined with the application of nitrogen-fixing rhizobia mixed with 1 liter of inoculum per hectare of soybeans, the rate of nitrogen fertilizer application can be reduced to 5 kg ha⁻¹, and the soybean yield is 2.18 ton ha⁻¹, which can reduce the nitrogen fertilizer application amount by 75%-92%.

Key words: fertilizer requirement, rhizobia

¹. Contribution No. 537 from Taoyuan DARES, COA.

². Assistant Researcher (Corresponding author, squirrelis@tydais.gov.tw).