

科學譯叢

蘇聯在根瘤菌及菌根 研究上的發展

К. И. 魯達科夫 著
Ю. М. 沃士尼亞科甫斯卡婭

312

科學出版社出版

科學譯叢

蘇聯在根瘤菌及菌根研究上的發展

К. И. 魯達科夫 著
Ю. М. 沃士尼亞科夫斯卡婭
謝潛淵 褚菊徵 譯

科學出版社出版

內 容 提 要

本書所包括的兩篇論文分別概述了豆科植物根瘤細菌及森林樹木真菌根的研究和應用情況的新近發展，對於有關文獻作了整理和介紹，並指出應用上的問題及其研究方向。由於根瘤菌和菌根在草田耕作制和護田林帶中起着特殊重大的作用，蘇聯農業微生物學界在這些方面的研究當然具有獨特豐富的實踐經驗的基礎。兩文都着重地評述了接種條件的研究，“根瘤菌劑”一文還詳細討論了製造及檢驗的方法。

我國已開始應用根瘤菌劑，對於菌根則尚少注意。本書無疑將引起這些專題研究的廣泛興趣並給農林業實踐提供改進的途徑。這些細菌、真菌與植物的共生現象的研究在一般微生物學上及植物免疫學上也具有重大的理論意義。因此本書應是農學家、造林學家、微生物學家及植物病理學家所迫切需要的參考資料。

蘇聯在根瘤菌及菌根研究上的發展

原 著 者 R. H. 魯 達 科 夫
 Ю. М. 沃士尼亞科甫斯卡婭

翻 譯 者 謝 潛 淵 褚 菊 徵

出 版 者 科 學 出 版 社

北京東四區帽兒胡同 2 號

印 刷 者 中 和 印 刷 廠

上海淮安路 727 弄 30 號

總 經 售 新 華 書 店

書號：0146

1955 年 2 月第一版

(譯) 089

1955 年 2 月第一次印刷

(源) 0001—3,240

開本：787×1092 1/32

字數：42,000

印張：2

定價：3,300 元

目 錄

根瘤菌劑.....	К. И. 魯達科夫 (1)
菌根問題及其在實踐中的意義.....	
.....	Ю. М. 沃士尼亞柯甫斯卡婭 (28)

根瘤菌劑

(1944—1950 年情况綜述)

К. И. 魯達科夫

氮素肥料較其他肥料缺乏，也較昂貴。同時，正如大家所熟知的，豆科植物沒有化合態氮素也能良好生長，與根瘤菌一起能從空氣中吸收元素氮，每公頃達 300 公斤(普拉尼希尼科夫，1945)。收穫後留下的豆科植物遺體(根及地上部)在土壤中分解以化合態氮素供非豆科的後作物根部營養。

豆科植物及其共生者——根瘤菌，不僅對於根部營養有供給氮素的作用，豆科植物(車軸草、苜蓿等)與多年生禾本科牧草混播，在其發育過程中還能形成有結構的土壤團粒。對於混播牧草的氮素供給愈好，則其根系的發育也愈強大，土壤結構也就能更完善地形成。

最近幾年來的研究(魯達科夫 1949，魯達科夫和畢爾凱列 1950，1951，)證明，土壤團粒結構的鞏固依靠活性腐植質的形成，也與豆科植物(車軸草)的發育及分解有關。

“根瘤菌——豆科植物”系統地對氮分子的共生固定進行得愈旺盛，則上述各方面的豆科植物生活活動也就表現得愈完全。

在豆科植物的種子上附加根瘤菌劑(нитрагин)狀態下

的根瘤菌，照例能够保證豆科植物得到有侵染力的活躍培養菌，因而提高氮元素的同化作用。

應用根瘤菌劑的最初的試驗在俄羅斯 1911 年就開始了，但是直到 1929 年才得到公認，並用以接種 200,000 公頃播種面積的大豆。

蘇聯自 1935 年開始建立了製造細菌肥料的專門工廠，根瘤菌劑的應用量也日益擴大着。

值得指出的是：根瘤菌劑的效率也在日益提高着。製造根瘤菌劑的最初菌源曾經應用偶然分離出來的細菌。後來則已開始按其足夠的侵染力及活動性等性狀來加以選擇，除此以外，也已考慮到了豆科植物的品種特性。在選擇培養的細菌時也注意到了選擇適應於廣大蘇聯的各部分的“當地”條件的培養菌。爲了獲得最大的效果，最近正進行着根瘤菌的定向培育及改變其本性的工作。

對於根瘤菌劑問題目前的研究光輝地反映出李森科院士關於科學和實踐相統一的原則的有效性。“……實踐任務的科學地解決，是深入瞭解生物界發展規律的最可靠的途徑”（李森科，1948）。

根瘤菌劑的類型

1950 年 3 月 25 日批准的全蘇國家標準規定：目前蘇聯應爲下列農作物製造根瘤菌劑：車軸草、苜蓿、羽扇豆、烏足豆、草木樨、豌豆、巢菜、濱豆（*Lens esculenta*）、菜豆（*Phaseolus vulgaris*）、蠶豆、乳牛豌豆、綠豆、落花生及山豆（*Lathyrus*）等。

在美國（莫迪，1948）根瘤菌劑及其類似製劑，除上述

作物外，尚供下列作物接種用：白車軸草 (*Trifolium repens*)、雜色車軸草 (*Tr. hybridum*)、矮生車軸草 (*Tr. Subterraneum*)、絳車軸草 (*Tr. incarnatum*)、百脈根 (*Lotus corniculatus*)、濕地百脈根 (*Lotus uliginosus*)、黃槐錦雞兒 (*Caragana arborescens*)、洋槐、金雀花 (*Cytisus scoparinus* Link)、紫雲英屬之二種 (*Astragalus cicer*, *Astr. falcatus*)、濱豆 (*Lens esculenta*) 及其他豆科植物等。最近美國自野百合 (*Crataegia Sagittalis*) 及刺桐 (*Erythrina indica*) 的根瘤中分離出培養菌作蜈蚣蔓 (*Guar-Cyamopsis tetragonella*) 的接種用 (歐特曼, 1948B)。

根瘤菌劑的製造法

在蘇聯根瘤菌劑的大規模應用開始於 1928 年。製備此種製劑 (瓊膠及液體培養、泥炭上的根瘤菌劑等) 的各種方法經過初步的摸索之後，自 1931 年起確定了根瘤菌劑的統一型——根瘤細菌在消毒土壤上的純粹培養。

在蘇聯根瘤菌劑係由細菌肥料工廠及實驗室按照蘇聯農業部核定的規格來製造。洛帕廷娜等曾寫述過根瘤菌劑的製造方法 (農業上根瘤菌劑的應用, 1949)。

自從開始進行大量生產的時候起，根瘤菌劑的製造法經過了很多的改變及顯著的改進。然而到目前為止，所發表的僅有對於在製造根瘤菌劑時大量繁殖根瘤菌所用的培養基如何改進的材料。

克拉西里尼科夫 (1945 年) 建議在車軸草、苜蓿、或豌豆乾草煎汁中培養根瘤菌。費特洛夫及鮑格丹諾娃 (1945 年) 建議用 1—2.5% 貓尾草、車軸草、巢菜、苜蓿乾草的煎

汁來培養。別爾納爾德(1948年)則介紹用巢菜和燕麥的混播牧草、草地乾草、新鮮甘藍、胡蘿蔔根等的5%浸出液來培養,並建議在合成的培養基中也要加入這些浸出液。

美國目前流行使用的是在未消毒的泥炭粉上製備的根瘤菌劑。這種製劑與伊茲拉伊立斯基,別爾納爾德及魯諾夫在1934年所建議的泥炭根瘤菌劑製劑相類似,(已由比較試驗的結果證明:泥炭根瘤菌劑製劑的效能次於土壤上培養的根瘤菌劑)。

過去曾在美國流行的瓊膠根瘤菌劑的製造日見減少(里奧納特,1944年),美國除農業部製造根瘤菌劑外,還有許多私營公司也製造所謂“豆科植物的接種劑”(Nodule Inoculants),名目繁多,如 *Cal-Rhis Legume Bacteria*, *Farmogerm*, *Humogerm*, *GLF Legume Inoculant*, *Legume Aid*, *Lecumogen*, *Nitragin*, *Nod-o-gen*, *Pretested Inoculant*, *Uni-Culture*, *Urbana culture* 等。

1943年美國有由40家商號聯合起來的11個合營公司從事於根瘤菌劑的製造工作(里奧納特,1944年)。

蘇聯在衛國戰爭後開始提出各種關於根瘤菌劑製造法的改變及其應用的建議。

還在1938—1939年的時候,留明就首先倡議用乾的車軸草和羽扇豆根搗碎後來為這些植物接種。1945年,克拉西里尼科夫創議製造“根質根瘤菌劑”的變相方法,從產量良好的豆科植物田中,掘出收穫後所留在土中的根。接種一年生的豆科作物(如豌豆、菜豆及大豆等)每公頃需要250克新鮮的根;一公頃多年生的豆科作物則需要500—600克新鮮的根。

把根放在 30°C 的溫度下使其乾燥，再用刀切碎之，而後在乾燥的狀態下將其保存至明春。

播種前的 15—20 天，將所切碎的根倒在桶內，每一公斤根加水 1.5 升，然後蓋上桶口，置於溫暖之處（20—25°C）醱釀 10 至 15 晝夜。用這種方法所獲得的液漿每克中可含根瘤菌 100—300 億。

接種一公頃豆科作物的種子約需 200 克的根質根瘤菌劑（用水化開）。

克拉西里尼科夫以下列材料來說明根質根瘤菌劑的效果。菜豆，每公頃增加產量 2.1 公担（49%），苜蓿，每公頃增加產量 2.7 公担（16%）。

1945 年蓋立茨爾創議用根瘤爲豆科作物接種，這種根瘤取自曾獲高產量的適當豆科作物的根部。爲了獲得含有作用強的根瘤細菌的根瘤，1948 年蓋立茨爾創議並着手建立了特設的“細菌苗圃”。

苗圃設在肥沃、經過良好耕作（草根的）、且有中性反應的土壤上，並施入磷鉀肥、草木灰（微量原素的來源）及氮素含量少的有機物質。

蓋立茨爾及蒙柴立（1948 年）指出在新茲布科夫試驗場用培養的根瘤接種羽扇豆的成效。在那裏普通的根瘤菌劑接種照例不發生效果。蓋立茨爾曾發表過關於車軸草和苜蓿的類似資料（1948a）。

哈利科夫（1949）曾對於“細菌苗圃”中所獲得的根瘤作爲接種劑的作用進行過檢查。在用各種不同的接種法接種的情況下，於二年期內車軸草獲得了如下的乾草產量：對照——每公頃 54.1 公担，根瘤菌劑——58.3 公担，根瘤

——62.2 公担。

不過哈立科夫的論文引起若干疑問，他寫道：“將根瘤在瓷研鉢中搗碎、然後將它溶(?)於少量的清水中，將此水潑於種子上。”不明白之點在於他是怎樣自車軸草的根上分離出根瘤，及用多少數量的根瘤來接種種子。他所做的羽扇豆的試驗則更奇怪，他從全蘇農業技術和農業土壤研究所獲得羽扇豆的根瘤並用以(多少數量——未知)代替當地“細菌苗圃”中的根瘤。在這一試驗中，與根瘤菌劑比較並未獲得特殊的差異：對照——每公頃 16.6 公担，根瘤菌劑——20.2 公担，根瘤——21.4 公担。

米蘇斯金(1949年)審查了蓋立茨爾的材料，對蓋立茨爾創議的“細菌苗圃”並未反對，但按他的意見，根瘤菌劑具有很多優點超過搗碎的根瘤。

鮑塔鮑夫(1946)曾創議一種新型的根瘤菌劑——土壤瓊膠根瘤菌劑。製造時在一個容量一升半的瓶中倒入 30 克的土壤並注入 50 立方厘米的豆汁瓊膠，瓶子在 1 個大氣壓下消毒 30 分鐘，然後在轉動的條件下使其冷卻，瓊膠即凝結於瓶子的邊上。在每個瓶中加入 5—6 滴的根瘤菌的普通液體培養菌種。培育 8 天。當檢查分析時瓶中的細菌數達 2,500 億時為合格。關於土壤瓊膠根瘤菌劑效果的資料，作者沒有報告。

克拉西里尼科夫(1945)創議製造由根瘤菌、需氧性自生固氮細菌(азотобактер)和“細菌——活化劑”混合起來的“混合根瘤菌劑”。製劑是用土壤或土壤和泥炭來製造的，像標準的根瘤菌劑那樣。

由於根瘤菌和自生固氮細菌的功用是大家都曉得的，

這裏我們僅談一談克拉西里尼科夫所介紹的細菌-活化劑。“細菌-活化劑”這一個術語克拉西里尼科夫和高林昂科所指的是那些能分泌出所謂“生長物質”來的許多土壤細菌：如 *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. aurantiaca*, *Azotobacter*, *Bact. herbicola* 等(克拉西里尼科夫, 1944), 這些細菌能提高根瘤菌的侵染力和活動性。

1946 年克拉西里尼科夫和高林昂科擴大了關於細菌-活化劑本質問題的提法, 他們根據實驗室的試驗獲得結論, 認為細菌-活化劑能促進車軸草對氮分子的固定並刺激車軸草的生長。

試驗所用的活化劑為 *Ps. aurantiaca*, *Ps. fluorescens*, *Azotobacter vinelandii*, *Bact. herbicola*。試驗是在容量 150 c. c. 的三角瓶中進行的。在每個燒瓶中放入 20—25 粒種子。由於播種的密度甚大, 每個植株的乾重量是微小的。每株植株所吸收的氮素的量不超過 0.23 毫克。在車軸草中氮素的如此微小的增加(與對照比較), 按我們的意見, 可以解釋得比克拉西里尼柯夫所作的簡單得多。

當車軸草的種子發芽時, 在瓊膠的表面留下了種皮。在對照的處理中種皮保存不變。在試驗的燒瓶中, 由於其中加入了 *Pseudomonas* 或 *Bact. herbicola* 屬的培養菌, 種皮發生分解、分解時所釋出的礦質態氮素, 被發育中的車軸草的芽所吸收。當應用 *Az. vinelandii* 時, 這種細菌可不與車軸草發生任何關係而吸收氮素, 所形成的生物化合氮就被豆科植物所吸收。可惜, 在這個報導中克拉西里尼科夫停止了關於細菌-活化劑的作用性質的發表。在實踐中這種方法尚未獲得應用(克拉西里尼科夫, 1945)。

其後，馬察凡利安(1948)進行了細菌-活化劑的田間試驗，這個試驗確定了根瘤菌，細菌-活化劑(*Ps. fluorescens* No. 14 和 *Azotobacter* No. 81)與根瘤菌加細菌-活化劑的比較效果，所獲的結果列於第一表中。

作者根據這些資料得出了細菌-活化劑有良好影響的結論，然而，這些細菌所提供的效果並不顯著，一般不超過10%。同時應該考慮到，自生固氮細菌也能對產量發生相當好的影響，因為它不僅是一種活化者，而且還是一種氮素吸收者。應用細菌-活化劑時收穫物中氮素含量的提高間接地說明了這一點。

最後，近來伊茲拉衣里斯基確定：根瘤菌在乾燥的條件下可保存8—9月不消失其侵染力和活動性。他提議製造“乾燥的根瘤菌劑”，將乾燥的根瘤菌和消毒的滑石粉拌和。

表1 根瘤菌和細菌-活化劑對於豆科植物產量的影響

試驗方案	產量公担/公頃			綠色體中含氮的%		
	菜豆	車軸草	тайван	菜豆	車軸草	тайван
對照	9.96	36.44	22.06	1.84	2.15	2.57
根瘤菌	11.36	41.90	28.54	1.25	2.67	3.53
細菌-活化劑	11.19	39.79	27.01	1.78	2.52	3.12
根瘤菌+細菌-活化劑	12.58	43.28	25.42	2.05	2.50	2.99

根瘤菌劑質量的檢查

蘇聯根瘤菌劑的質量是由1950年所批准的全蘇國家標準決定的。該標準的要點如下：每公頃田根瘤菌劑的施用量為0.5公斤。每克根瘤菌劑中所含的根瘤菌應不少於

1,000 億個(供大豆、羽扇豆、鳥足豆及花生接種用的根瘤菌劑每克中所含的根瘤菌應不少於 500 億個)。根瘤菌劑中其他細菌的數目不得超過根瘤菌的 10%。絕對不准有黴菌。適用期為 9 個月。

工廠所有的出品都要經過中檢所的檢查，這種制度能保證以質量完全優良的根瘤菌劑供應給集體農莊。

克拉西里尼科夫 (1945) 介紹用變相的威立松 (Вильсон) 方法將根瘤菌劑培養在培養皿中來代替細菌量的計數法。他提議根瘤菌劑要順次經過 10—15 次的培養。然後用以接種相應的豆科植物的消毒種子。這種豆科植物種於燒瓶中 (或燒杯中)，瓶中盛有經過消毒的營養瓊脂、沙或土。經 2—4 星期後檢查其中所形成的根瘤，並按最後一次的培養所得的根瘤來決定根瘤菌劑中 *Rhizobium* 的數目。

美國的根瘤菌劑質量檢查的情況相當差。僅由農業部及試驗場的個別人員來實施對於銷售的若干控制。由於美國並無統一的檢查制度，因此消費者遭遇相當數量的無效用的根瘤菌劑。

正如霍肥 (1949) 及里奧納特 (1945) 所指出的：有若干商號的製劑實際上是不適於作接種用的。例如法爾莫歌製劑 (Препарат-фармоген) 就是其中之一。按 1944 年的資料，在此種製劑 18 份的供試樣品中，適用者僅有 7 份 (里奧納特，1944 年)，而在 1945 年 12 份的供試樣品中，適用者僅有 5 份 (里奧納特，1945 年)。

在美國認為栽培法是測定豆科植物接種劑的適用性和效驗的最好方法，因為用這個方法可以在嚴格規定的濕度、光線及溫度條件下栽培各種的豆科植物。里奧納特 (1943，

1945) 詳細地敘述了一些方便的(按他的意見)方法。試驗在 900 克 (32 噸) 去底的瓶中進行。此瓶有帶螺紋的瓶頸, 瓶頸上用塑料的塞子把它塞住。此瓶塞的中央有沙粒不能通過的細小孔。瓶中盛有沙、白雲石、過磷酸鹽和硫酸鉀的混合物。將它置於半升 (1 品脫) 的廣口瓶中, 使瓶頸幾乎要接觸到廣口瓶的底部。廣口瓶中注滿淡的鋅、銅、錳、鐵及硼鹽的弱酸性溶液。當沙粒完全濕潤後, 溶液沿着毛細管而上升。然後瓶子上覆以培養皿的蓋, 全部裝置放在熱壓消毒器中用蒸氣予以消毒。

溶液的酸性 ($\text{pH} = 2.0$) 保證防止由營養溶液中經容器而偶然進入砂中的 *Rhizobium*。

當沙粒透濕時酸性溶液加以中和後, 就可作為植物正常的營養物。在半升的瓶中 (16 噸) 進行種子消毒。

播種用的種子先在消過毒的泥炭水中浸濕。然後置於 0.2% 的昇汞溶液中 5 分鐘。當種子上的消毒溶液濾去了以後, 再將種子浸於消過毒的泥炭水中, 以便去淨種子上殘留的昇汞。種子上應覆以小團消毒的脫脂棉花。並將瓶子翻過來使其乾燥。最後在含有 0.6% 消毒瓊脂的培養皿中讓種子發芽。

把發芽的種子放在消過毒的培養皿中與事先準備好的根瘤菌劑的樣品拌和。拌過後移在盆中培植, 應種於消毒砂礫的穴中, 深 $1/2$ 吋。

在培養室中應用適當的方法來防除昆蟲, 對於豆科植物的每一個種及品種給予特殊的條件: 如濕度、最好的光照、通氣及其他植物生長所需要的生活條件。

蘇聯各州施用根瘤菌劑的效驗

在蘇聯，根瘤菌劑的效驗很高。蘇聯農業部 1949 年所發表的蘇聯各省的總結資料就能很好地說明這一點。

表 2 施用根瘤菌劑時的產量增加

農作物	產量增加的%	統計地點的數目
車軸草	17.90	10
苜蓿	14.55	6
羽扇豆	61.70	3
羽扇豆 (留種用)	27.00	9
豌豆	20.12	134
巢菜	13.30	6
紅豆草 (飼食草)	27.95	10
大豆	16.40	12
菜豆	30.3	4
蚕豆	7.1	2
		總計 196

近年來已有很多的農業試驗機構對於根瘤菌劑效驗進行了統計。這裏不能列舉所發表的全部材料。而只引證幾種作為混播成分及綠肥用的豆科植物在施用根瘤菌劑時所獲得的結果。但是首先我們要聲明，雖然根瘤菌劑已廣泛地應用到牧草混播的場合中，但這裏所談的祇是在豆科植物單作情況下的根瘤菌劑的效驗。因為在牧草混播時僅計算根瘤菌劑對豆科牧草的作用是不可能的。如果報導它對整個混播牧草作用的材料，則此材料將較實際的數字為小，因為豆科植物僅佔混播牧草產量的 50% 左右。

表3 根瘤菌劑與車軸草產量的關係

進行試驗的地點	年份	試驗方案	產量	引證的文獻
卡果利阿-芬蘭農業試驗場(卡果利阿-芬蘭共和國伊姆帕拉克蒂)	1949	{ 對照 用根瘤菌劑	54.1* 58.3*	哈爾科夫 1949
農業微生物學研究所(列寧格勒州)	1948	{ 對照 用根瘤菌劑	58.6 61.2	根瘤菌劑在農業上的應用(論文集)1949
農業微生物學研究所(列寧格勒州)	1948	{ 照對 用根瘤菌劑	37.8 42.0	根瘤菌劑在農業上的應用(論文集)1949
弗拉基米爾細菌肥料工廠(弗拉基米爾州)	1948	{ 對照 用根瘤菌劑	23.8 31.1	根瘤菌劑在農業上的應用(論文集)1949
莫斯科國家選種場(莫斯科州)	1948	{ 對照 用根瘤菌劑	55.0 55.0	根瘤菌劑在農業上的應用(論文集)1949

* 二年的產量。

從這些資料中可以看出：根瘤菌雖然有效，但效驗不夠高。關於製造活動力和侵染力更強的培養菌的一切企圖，到目前為止，都尚未達到目的。

現在，由於廣泛地實施了草田輪作制；使用對車軸草高度有效的根瘤菌劑的問題。具有特別重大的意義。至今大家都知道，實施了草田輪作，由於根瘤菌同化作用的結果，每公頃田每年獲得 150—160 公斤的補充氮素(普良尼西尼科夫，1945 年)。

茲試分析一下根瘤菌劑對車軸草效率低的原因及其提高的方法。

毫無疑問，別爾納爾德是正確的，在 1948 年他即一再

說過，根瘤菌要侵入豆科植物根系必須具有很強的侵染力，而要提高豆科植物的固氮能力，施入的根瘤菌必須比那土壤中的細菌有更大的活動力。

完全有根據可以肯定地說：車軸草根瘤菌的毒性侵染力及活動力與土壤的酸度有關。以車軸草本身來講，它在酸性的土壤上就不能發育。在莫斯科州有 10—15% 的耕地面積是酸性的土壤，在這些土地上車軸草幾乎完全不能成長。即使在酸度上較低的土壤上。其發育亦不良（喀德羅夫-濟赫曼，1950）。

拉姆坡夫施科夫（1948）指出，當土壤的 pH 等於或高於 6.0 時（鹽基的飽和度為 90%），車軸草根上根瘤的數目達到最高量。當 pH 值降低時，根瘤的數目一直下降，並且必須推想，決定根瘤數目的根瘤菌的侵染力也一直下降。

芬喀立什頓因（1949）指出，在所有未施用石灰中和過的輪作田上的根瘤菌數目，較其他條件完全相同。但用石灰中和過的輪作田上的數目要少千百倍。

繼雅什諾娃（1938）之後，鮑洛杜麗娜於 1950 年也指出了施用石灰中和土壤對根瘤菌活動力的作用。

表 4 施用石灰中和土壤和車軸草根瘤菌活動力的關係

作物栽培的年份	活動力（在器皿中車軸草的產量，以克計）	
	在施過石灰中和的田上	在未施石灰的田上
1947	1.93	1.02
1948	2.04	1.02
1949	2.24	1.52
1950	2.38	1.06