

豌豆根瘤固氮效益的研究

郝余祥 程丽娟

(西北农学院土壤农化系)

豌豆有根瘤,能固氮,可在贫瘠土壤上正常生长,并获得较好产量;所以在陕西省关中地区,它也是一种重要农作物。

一些传统看法和试验资料认为,在生育过程中,豌豆根瘤固定空中氮气和向土壤分泌固氮产物,能促进混播小麦生长和提高其产量,以此做为发展推广豌豆、小麦混播的主要理论依据之一。更多的生产实验报告表明,因种植豌豆,其茬地肥力显著提高,视为重要养地豆科作物,故在肥源不足地区实行豌豆同小麦轮作,借以提高后者的产量。但是,也有一些研究资料(1、2)指出,豆科作物根瘤的固氮量尚难满足本身生长发育的需要,所以向土壤分泌、遗留的氮量有限,对混播的与后作的禾本科作物并无明显有益效果。此外,在农田条件下,豆科作物还从土壤摄取一定量氮素养料。这些不同的观点和试验结果,有待进一步研究阐明。关于关中地区豌豆根瘤固氮效能问题,西北水保所朱铭莪(3)、彭琳(4)等同志已有调查研究报告,这里我们谨对豌豆根瘤固氮对混播小麦及豌豆、豌豆麦等茬地肥力做了研究。试验研究是在陕西武功的塿土上进行的,土壤质地为粘壤土,pH值为7.8。现将研究结果报告于下,供讨论参考。

一、试验研究方法

本研究设有盆栽试验与大田对比试验两项。

盆栽试验用上采自我院农作一站试验田肥地上(采土前已亩施厩肥8000斤,耕耙均匀),及院内原草地近年开垦种植作物但产量不高(未施肥)的瘠薄土。经分析测定,两者土壤的农化性状如表1。

表 1 盆栽土壤的农化性状

项 目	肥 地 土	瘠 薄 土
有机质含量(%)	1.598	1.650
全氮含量(%)	0.0978	0.0977
水解氮含量(mg/100克土)	5.06	4.57
速效 P_2O_5 含量(mg/100克土)	9.27	3.70

由表1可知,肥地土与瘠薄土的全氮含量几相一致,瘠薄土的有机质含量稍高于肥地土,这可能是存在有较多根腐解残余物的原因。两者土壤的主要差别是肥地土速效磷含量比瘠薄土高两倍多,其次是水解氮含量约高10%。

土壤过筛后,称取7斤,加施过磷酸钙1.2克(约合亩施100斤),混匀,装盆,埋于土中,灌水,1980年10月11日播种,两者土壤均设以下各处理,每个处理重复4次。

1. 不施磷肥,休闲,同样管理,不使杂草生长。
2. 施磷肥,播小麦三穴,每穴留一苗。
3. 施磷肥,播豌豆三穴,每穴留一苗。
4. 施磷肥,混播小麦三穴,豌豆两穴,每穴各留一苗。

成熟时,收割地上部分,考查植株及籽粒。各盆再施过磷酸钙1.5克(合亩施128斤)松土混匀,灌水,复种荞麦四穴,每穴留一苗;于盛花期收获全植株,称量烘干重,供做检验各茬地肥力的依据。

种荞麦前,采取各处理土样,做土壤化学分析及微生物测定。

于采集土壤的两地块分别种植豌豆,做为考查根瘤发育情况的取样点。

大田对比试验系选用武功县杨陵公社卜村大队相邻的高、中、低三种不同肥力的地块,各种小麦与豌豆麦一半,小麦播量相同,按大田一般管理,于收获前,分别调查纯播与混播的小麦。

二、试验结果与讨论

各项试验与分析测定结果于下。

1. 豌豆根瘤发育情况及其对混播小麦的影响

于苗期、返青期、花荚期和成熟期,分别挖掘在原肥地与薄地上种植的豌豆根系,冲洗去泥土后,计数根瘤,结果如表2。

表2 各生育期豌豆根瘤情况(单位:个/株)

原土壤肥力	总根瘤数	有效根瘤	> 3 mm根瘤数	败坏根瘤
幼苗期(1980年11月20日)				
肥地	23.2	13.7	9.0	—
瘠薄地	26.9	25.2	11.9	—
返青期(1981年3月11日)				
肥地	44.1	0.1	5.0	—
瘠薄地	45.4	24.9	13.9	—

花荚期（1981年4月11日）

肥地	55.4	0.3	5.0	—
瘠薄地	43.9	25.8	16.7	—

成熟期（1981年5月8日）

肥地	23.6	0	6.0	9.3
瘠薄地	9.9	±0.3	3.7	3.5

由表2材料可知，自幼苗期至花荚期，两者地上豌豆的株根瘤数均逐渐增多，株有效根瘤数及 $>3\text{mm}$ 的根瘤数肥地的是相随减少，返青期时有效根瘤已减少至每株不足一个；而瘠薄地的则是相继增多，至花荚期达最多；进入成熟期，两者的根瘤数都剧减，败坏根瘤数都剧增，瘠薄地的 $>3\text{mm}$ 根瘤减少尤多。这些情况足以说明，在全生育过程中，瘠薄地豌豆根瘤固氮效能均大于肥地豌豆根瘤，返青期后，肥地豌豆根瘤固氮效能已大大变弱，而瘠薄地的至花荚期方达到最大。

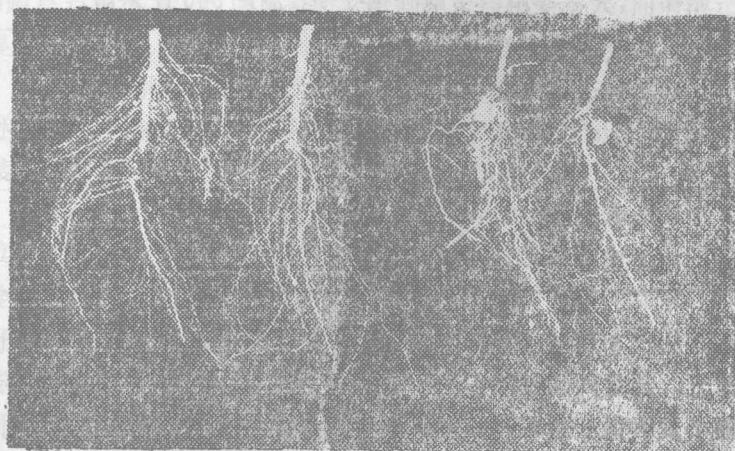
相应的讲，在全生育过程中，瘠薄地豌豆根瘤固氮量远较肥地为大，肥地豌豆根瘤固氮减少的原因，显然同该地土壤含水解氮量较高有密切关系。

从地上部分看，肥地豌豆茎叶生长比瘠薄地的繁茂得多，无疑的这是因为前者从土壤摄取较多有效氮素养料的结果。右面照片1是两者地上生长的豌豆全植株，照片2是它们各自的根系与根瘤。由此亦表明，瘠薄地上豌豆根瘤的固氮并不能满足植株本身旺盛生长对氮素营养的需要。

豌豆根瘤固氮和向土壤分泌氮素物质，能否对



照片1 豌豆全植株
左：瘠薄地 右：肥地



照片2 豌豆的根系与根瘤 左：肥地 右：瘠薄地

混播小麦发生良好影响,是需要通过试验与调查说明的一个重要问题。盆栽试验情况是,在正个生育期内,各处理豌豆生长均好,但瘠薄地与肥地的纯播豌豆地上部分干重,分别比混播者重29克和10.2克,说明混播小麦对豌豆生长有不良影响。因为混播关系,小麦生长均差些,于成熟期逐株进行考查记载,结果见表3。

表 3 盆栽纯、混播小麦生长情况

种植方式	株有效穗数	株粒数	千粒重(克)
肥 地 土			
纯小麦	1.4	32.0	23.1
豌豆麦	1.3	33.0	21.0
瘠 薄 土			
纯小麦	1.6	35.0	20.0
豌豆麦	1.0	26.8	19.0

在大田对比试验里,于收获前,在每个田块里均随机选择40—50株纯播和混播(紧密同豌豆生长在一起的)小麦做了调查,同时还测定了产量。结果见表4。

表 4 大田纯、混播小麦生长情况

种植方式	株有效穗数	株粒数	千粒重(克)
高产地(测产650斤/亩)			
纯小麦	2.5	112.0	44.1
豌豆麦	1.6	65.0	43.0
中产地(测产393斤/亩)			
纯小麦	4.5	37.4	43.2
豌豆麦	3.1	37.4	42.2
低产地(测产350斤/亩)			
纯小麦	4.9	93.0	44.9
豌豆麦	3.2	61.0	44.9

从表3及表4资料可以看出,无论是盆栽试验或大田对比试验,无论是肥地土或瘠薄土,凡是同豌豆混播的小麦,在株有效穗数、株粒数和千粒重方面,均较纯播小麦者低。这足以表明,豌豆根瘤固氮不仅没有对混播的小麦发生良好影响,相反的,还引致低产。已如表2所表明的,肥地豌豆根瘤的固氮效能较瘠薄地的大大衰

退；还如我们早在田间条件下观察到的，因为间套对豆科作物根瘤固氮有一定影响(5)；那么在麦田里混播豌豆，因为遮光和生长不良(见上述)，其根瘤固氮效能均要比纯播豌豆者低。所以说，通过有效根瘤和根系，向土壤分泌有机氮化物的数量是有限的，何况由于地上部分旺盛生长的需要，它还要从土壤吸取一定量的氮素养料(6)，特别是在高肥条件下尤其如此。因而在两者数量间自然存在差额。这就可以说明，为什么混播豌豆量要适宜，否则便会影响小麦产量。

2. 茬地土壤的化学分析

于小麦、豌豆收获前，采集了各处理盆中的土样，做常规化学分析，结果见表5。

表 5 盆栽各茬地土壤化学分析结果

原土壤肥力 状 况	项 目	休 闲	小 麦	豌 豆	豌豆麦
肥 地 土	有机质(%)	1.573	1.588	1.627	1.598
	全氮(%)	0.0918	—	0.0954	0.0968
	水解氮(mg/100克土)	4.29	4.76	4.61	5.43
	速效 P_2O_5 (mg/100克土)	6.28	13.21	5.82	10.73
瘠 薄 土	有机质(%)	1.617	1.583	1.608	1.567
	全氮(%)	0.0910	0.0976	0.0917	0.0955
	水解氮(mg/100克土)	4.33	5.43	4.41	5.90
	速效 P_2O_5 (mg/100克土)	7.09	13.33	4.80	11.41

表5材料表明，经过7个月休闲，土壤有机质含量均有减少，肥地土和瘠薄土分别较原土样减少1.62%和2.0%，后者减少较多的原因同采土地含根茬等有机质物量大有关。肥地土小麦、豌豆和豌豆麦各茬地土壤有机质含量同原土样相差不大，而瘠薄土各茬地则有一致的明显减少。这同在肥地土上生长的作物发育有强大根系（见照片2）有关。在全氮含量上，休闲地比原土样减少量较大，其原因可能同在生长季节里，有机物质分解矿化，由灌水引起的氮素损失有密切关系。各茬地土的速效 P_2O_5 含量差别十分显著，其情况是，小麦茬土比豌豆麦茬土高23.1%（肥地土）和16.8%（瘠薄土），比豌豆茬土高126%（肥地土）和200%（瘠薄土）。总之是，凡种豌豆的土壤速效磷含量减少均多些。该事实清楚表明，在生育过程中豌豆需磷量大，故引致土壤速效磷含量下降较大。再从土壤全氮含量和水解氮含量看，无论是肥地土或瘠薄土，都未因种植豌豆而有所提高，相反还有不同程度的减少。这同样表明，豌豆根瘤固氮未使土壤氮量增多（其中未计入豌豆根茬遗留的氮素）。

如表2材料指出的，肥地豌豆根瘤固氮效能远较瘠薄地的低，固氮量亦相应减少，从土壤摄取的氮量就必然增多，当然更不会提高土壤的氮量。我们曾有试验结果（6）

表明,在瘠薄地上生长结瘤良好的毛叶豌豆植株干重34.1%的养分是由土壤供给的。J. S. Pate (2) 以豌豆为试验材料的研究也表明,根瘤固氮的84%都运送给苗部,其余少部分留在根瘤及根组织中。这些结果十分一致。

常规土壤化学分析结果存在有可允许的误差,难精确反映出少量的养分变化,所以茬地肥力检验尚须通过生物栽培试验说明。试验结果见本文第4小节。

3. 不同茬地土壤微生物的分析

微生物活性是支配土壤肥力的一项重要因素,因之,分析测定不同茬地土壤微生物情况很有必要。

土壤微生物的测定是以盆栽试验的各茬地土样进行的。测定的项目与方法是:以肉膏一胨一洋菜培养基测好气性细菌,以肉膏一胨一洋菜培养基+7°麦芽汁洋菜培养基测好气性芽孢细菌,以淀粉—胨一洋菜培养基测放线菌,以Ashby无氮洋菜培养基测好气性自生固氮菌(固氮菌),以Hutchison滤纸洋菜培养基测分解纤维素微生物,以Stephensen改良培养基测亚硝酸细菌。亚硝酸细菌用稀释滴定法,其它均用稀释平板法。

土壤微生物测定于1981年5月4日及6月8日(即收获前与收获后)共做了二次,两次平均结果如表6

表 6 各茬地土壤微生物数量(单位:万/克干土)

原土壤肥力	茬地	好气性细菌	气好性芽孢细菌	放线菌	固氮菌	亚硝酸细菌	分解纤维素菌
肥地土	休 闲	283.0	81.0	93.0	0.24	18.5	0.19
	小 麦	280.0	74.0	120.0	0.50	—	0.23
	豌 豆	237.0	62.0	92.0	0.39	19.9	0.16
	豌豆麦	288.0	73.0	78.0	0.27	18.2	0.24
瘠薄土	休 闲	253.0	75.0	93.0	0.12	17.5	0.36
	小 麦	231.0	61.0	97.0	0.16	17.2	0.27
	豌 豆	216.0	64.0	73.0	0.14	—	0.34
	豌豆麦	279.0	73.0	110.0	0.16	17.9	0.25

从表6材料可知,肥地土各茬地的好气性细菌、固氮菌、亚硝酸细菌等的数量,都比瘠薄土各茬地的大些,但在两茬土的各茬地之间却无显著差别。这是以说明,它们主要受制于原土壤肥力,而受小麦、豌豆根茬的影响较小。分解纤维素菌同上述各菌恰相反,其在瘠薄土中的数量稍大于肥地土。同样的,在两者土的各茬地间也无大的差别。在放线菌与好气性芽孢细菌的数量上,在两者土各茬地间都没有看到规律性变化。

众所皆知,好气性细菌是土壤里的主要氮化菌类,固氮菌固氮只有在土壤有机物质的C:N达40—70:1时才有可能,亚硝酸细菌数量可表明土壤有机质的矿化速

率,分解纤维素菌的数量能表明土壤里存在的纤维素量的多少。由此即可明了,各茬地土中由这些微生物引起的各作用强度亦无基本不同。

于计数各类菌的同时,在相应的培培皿里还记数了放线菌、芽孢细菌的各类群或种类数量间的比例关系。结果资料如表7、表8。

表7 各茬地土中好气性芽孢细菌的主要种属

原土壤肥力	茬地	巨大芽孢杆菌 (%)	枯草芽孢杆菌 (%)	蕈状芽孢杆菌 (%)	腊样芽孢杆菌 (%)
肥地土	休 闲	36.0	22.4	11.2	5.2
	小 麦	32.5	19.2	5.8	2.8
	豌 豆	28.5	14.2	11.4	4.7
	豌豆麦	34.5	15.3	6.5	0
瘠薄土	休 闲	37.7	15.3	7.0	5.7
	小 麦	37.0	9.2	18.4	3.7
	豌 豆	39.0	8.2	9.5	1.6
	豌豆麦	50.0	14.3	23.2	0

表8 各茬地土中放线菌的主要类群

原土壤肥力	茬地	白孢类群 (%)	黄色类群 (%)	粉红孢类群 (%)	灰灰类群 (%)	淡紫灰类群 (%)
肥地土	休 闲	24.8	17.6	10.5	8.4	4.2
	小 麦	23.9	5.8	10.1	11.5	0.5
	豌 豆	23.4	10.0	7.2	11.2	3.9
	豌豆麦	23.4	20.3	6.6	11.3	3.1
瘠薄土	休 闲	34.8	11.4	7.3	8.3	4.8
	小 麦	23.0	13.3	7.7	4.7	1.7
	豌 豆	30.8	14.1	10.4	2.0	2.8
	豌豆麦	20.6	18.8	10.6	5.9	2.5

从表7及表8材料看出,在该法测定中,各茬地土中都没有出现占绝对优势的芽孢细菌种类和链霉菌的类群;在主要芽孢细菌种类及主要类群链霉菌的百分比组成上也无很大变化。这说明,它们受不同作物根茬的影响是很微小的。

4 茬地肥力的生物检验

供试生物为荞麦。于豌豆、小麦收后,均保存各盆原根茬土壤,每盆(包括休闲处

理)施过磷酸钙1.5克(合亩施128斤),消除因前作造成的磷素含量不同对荞麦生长造成的差异。施后松土混匀,6月8日播种催芽荞麦种子,每盆播四穴,留四苗。此后,及时灌水,清除杂草。拔去的幼苗及杂草均埋入原盆土里,令其分解矿化。至7月28日值盛花期时,收获全株进行考查,烘干、称重,计算单株干重,所得资料如表9。

荞麦生长共50天,此期内,水、热条件适宜,按植物残体一般腐解规律,各茬茬易腐解部分已能分解矿化,释放出有效氮素,显示肥效。

表9 各茬地上生长的荞麦植株状况

原土壤肥力	茬地	株高(公分)	分枝数(个)	株干重(克)
肥地土	休 闲	73.2	2.8	2.21
	小 麦	67.6	3.1	2.29
	豌 豆	74.4	2.9	2.2
	豌 豆 麦	65.8	2.8	/
瘠薄土	休 闲	70.3	2.7	2.12
	小 麦	61.5	2.8	2.1
	豌 豆	67.2	2.7	2.1
	豌 豆 麦	56.0	2.4	/

从表9材料可知,肥地土各茬地荞麦的株高、分枝数和株干重均大(多)于瘠薄土各茬地的荞麦;肥地与瘠薄地的豌豆茬和豌豆麦茬荞麦的株高和分枝数都较休闲地的低(少),但在株干重上,两种土各茬地的荞麦又十分相似。这清楚表明,豌豆根茬含氮量较高,易分解产生可利用氮素养料,促进荞麦的生长发育,但在生物学产量上则无差异。十分明显,荞麦生长利用的氮素主要来自于原土壤肥力,同豌豆根瘤固氮关系甚小。已如表2指出的,瘠薄土豌豆根瘤固氮效能较肥地土上者大,但也未因此使荞麦产量增多。这足以说明,随豌豆根茬回田也没有提高土壤氮素含量。此外,表5及表6所列各茬地间有机质、全氮及水解氮等含量与微生物数量很少差别,同各茬地荞麦生物学产量的相似性,也十分吻合。我院邓新民同志也曾试验(7)得出,绿豆茬与大豆茬小麦地上部共重低于夏闲地的小麦。两者结果基本相同。

三、小 结

在关中塿土上,通过盆栽与大田对比两项试验,研究了豌豆根瘤固氮对混播小麦的影响,以及其对豌豆茬地和豌豆麦茬地肥力的关系。

调查与观察资料表明,供试瘠薄地上的豌豆根瘤固氮效能远比肥地土上的大。但是,在不同肥力地上的豌豆,均未对混播在一起的小麦发生有益效应,且互有不良影响。

分析与测定资料表明：不同肥力土壤豌豆茬地的速效 P_2O_5 含量比小麦茬地显著减少，全氮及水解氮含量没有比小麦茬地有所提高。休闲、小麦、豌豆及豌豆麦等各茬地土中的好气性细菌、固氮菌、亚硝酸细菌和分解纤维素菌等的数量无什差异，但都受制于原土壤肥力状况。

在休闲、小麦、豌豆与豌豆麦等茬地上生长的荞麦的生物学产量十分相似，这清楚表明，豌豆根瘤固氮及根茬回田也未提高土壤的氮素含量。

参 考 文 献

1. E.W.Russell: Soil condition and plant growth Tenth Edition 1973
2. J.S.Pate: Functional biology of dinitrogen fixation by legumes
A treatise on dinitrogen fixation Section III
3. 朱铭莪 贤罗安：关中地区豌豆固氮活性的研究
陕西农业科学 1982年第5期
4. 彭琳 彭祥林：豌豆轮作中的培肥增产作用
土壤通报 1981年第2期
5. 郝余祥 程丽娟：从根瘤情况谈发展豆科绿肥（牧草）值得注意的问题
陕西农业科学 1980年第2期
6. 郝余祥 程丽娟：豆科绿肥（作物）的根瘤固氮和利用
陕西农业科学 1982年第1期第2期
7. 邓新民 韩思明：一年生豆科作物培肥麦田效果的研究
陕西农业科学 1982年第4期