

东北黑土区大豆阶段生育与土壤-气候 条件关系的研究

巴逢辰 沈善敏

(中国科学院林业土壤研究所)

大豆,在人民生活和国民经济中占很重要的地位。首先,它营养丰富(约含40%的蛋白质和20%的油脂),是我国人民自古以来传统的粮食;随着工业的不断发展,它又成为近代化学工业,特别是塑料工业的重要原料。大豆的茎、叶和豆饼更是家畜的优质饲料。此外,因为大豆根瘤菌能固定游离氮素,故大豆有“油饼”之称,它是各种作物的良好前作。我国东北黑土区的大豆无论是产量、质量,在国际上均素负声誉。解放后,特别是大跃进以来,大豆的产量不断上升,并出现了许多高产记录:如1959年黑龙江省赵光农场在800公顷的面积上平均每公顷产量达2,197公斤(亩产293市斤),至于小面积的高额丰产则更多。这些都生动地告诉人们大豆的增产潜力还很大。总结研究来自生产实践的这些实验,探索并掌握大豆的生育规律,从而因地制宜地实施正确的农业技术措施,促进与控制大豆的生育,把人力和物力都经济有效地使用在“刀口”上,对进一步获得大豆大面积的均衡增产有着极重要的意义。两年来,我们在学习农民丰产经验的基础上,并和生产部门合作,同时在北部黑土区——黑龙江省嫩江县九三农场;南部黑土区——吉林榆树县农场和本所农场(辽宁省沈阳市)进行大豆丰产试验,也取得每公顷3,000公斤以上的丰产。

在工作过程中我们体会到:获得大豆丰产的过程,看来就是调节植物体内各生长过程之间、个体与群体之间、环境条件与作物供求之间关系的过程,其中特别是后者矛盾的统一是丰产的基础。土壤,作为植物养分、水分和部分空气、热量的源泉,其性质与条件就成为大豆丰产的重要环境因素。但必须指出:大豆对环境条件的要求在整个生育期间并非固定不变的。随着它的生长发育,它体内的生理生化过程不断变化,因之,它对环境条件的要求也相继更改,常常在某个生育时期对某些环境因子反应最敏感,要求最迫切,而到了另一个时期则转变为另一些因子。如果我们深刻

表1 大豆各个生育时期的划分及其要求的主要环境因子
(北部黑土区——九三农场)

4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
----- 播种 -----																				
----- 幼苗期 ----- (水分、热量)																				
----- 分枝期 ----- (养分、通气、水分)																				
----- 开花期 ----- (光照、养分、水分)																				
----- 结荚-鼓粒期 ----- (养分、光照)																				
----- 成熟期 -----																				
营养生长												----- 收获 -----								
-----												生殖生长								

了解了这些因子,在不同的时期,通过农业技术措施满足大豆在不同时期的不同要求,这样,最后才可获得丰产。根据大豆植株形态的变化、体内营养物质分配中心的转变和主要环境因子的不同,我们把大豆的整个生育过程划分为五个时期:1. 幼苗期,2. 分枝期,3. 开花期,4. 结荚—鼓粒期,5. 成熟期(参见表1)。但最重要的和需要加以人工调节的是前面四个时期,现在我们分述如下:

一、大豆的幼苗期

自种子吸水萌动到分枝芽形成是大豆的幼苗期。这个时期的生育特点是种子吸水萌动,继而扎根和形成真叶;未出土前幼苗的生长主要靠种子经过酶的转化分解后的养分,子叶出土以后即开始营光合作用。这时根系的活跃部位集中在0—10厘米的土层内,90%以上的矿质养分来自这个土层。大豆的幼苗期是植株形成粗壮的根系和需要“蹲苗”的时期。这时养分分配中心为生长点和根系,如果气温不太高,则根系生长迅速,而茎、叶相对地较迟缓。壮苗的形态表现是:茎秆粗,节间短,叶色鲜绿、叶片稍小而厚,侧根多、根系强大。总之,植株老健蹲实,壮而不肥。大豆壮苗与否是大豆丰产的第一个关键。

保证大豆壮苗所要求的条件是多方面的:既需要充足的水分、适当的温度,也不能缺少矿质营养和光照条件。但在东北的黑土地区,土壤的水、热状况是大豆壮苗的重要因子。当土壤含水量为饱和持水量的40%时,幼苗生育最健壮,特别是支根和根瘤较多(表2)。低于这个土壤含水量时,种子虽可萌芽,但不能出土;高于这个含水量,由于相对地减少了土壤中的空气,影响根系的呼吸,结果幼苗支根和根瘤显著减少,植株瘦弱,甚至种子腐烂。至于大豆在幼苗期对土壤温度的要求,根据黑土地区气象资料的初步分析,最适宜的日平均温度大致为14—16°C,较之一般文献上所记载的20—22°C要低一些。

表2 不同土壤含水量对大豆幼苗生长的影响
(北部黑土)

土壤含水量	占饱和持水量(%)	33.3	41.7	50.0	58.3	66.0	75.0	83.3	91.7	100.0
	占干土重(%)	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0
苗高(厘米)	未出土	3.9	4.4	5.8	3.8	4.8	3.1	2.5	种子腐烂	
干重(克/4株)	—	0.43	0.60	0.60	0.50	0.59	0.46	0.40	—	
支根数(株)	—	29	24	25	20	15	12	21	—	
根瘤数(个/株)	—	7	1	4	1	2	2	10	—	

大豆在幼苗时期需要上述的土壤水、热条件才可保证它生育良好,当地的具体环境条件是不是完全符合要求呢?不是的,黑土地区的土壤—气候特点是春寒土冷,迅速进入夏季,气温、土温都增加很快。以九三农场为例:在4月中旬以前,土壤温度还在零下,5月以后温度急剧上升,7月份达到最高峰。至于土壤中的水分状况,由于黑土有着较丰富的融冻水,刚解冻时土壤含水量过多。根据我们自1955年起连续测定了5年的结果。这时土壤含水量都在饱和持水量的50%以上。但是,随着气温的上升,风大、雨少;特别是强烈的旱风又导致黑土中的水分急剧降低。总之,在大豆的幼苗时期,黑土的土壤—气候条件是变化多端的。为了调节大豆在幼苗期与环境条件之间的供求关系,应采取下列的农业技术措施:

1. 为了调节土壤中的水分状况,在早年,翻地、耙地、播种、镇压应连续作业,先播种后起垅。这样,可以防旱保墒。如春季雨水过多,则宜先起垅后播种,据测定,垅作可降低土壤含水量7%(占土壤干重)。不仅如此,垅作还可提高土温1—3°C,延续时间达12小时,这对幼苗的生长是非常

有利的。

2. 为了满足大豆幼苗期在温度方面的需要,应适时早播。因为,如果播种较早,在气温相对地較低的情况下,大豆植株茎、叶的生长受到抑制,而根系成为养分分配的第一中心,优先发展而达到“蹲苗”的目的。否則,气温、地温都很高,根、茎同时并发,形成“两头忙”,結果长得纤长而不健壮。至于最好的播种时期,北部黑土地区大致为5月上旬—中旬。而南部可較此早10—20天。

二、大豆的分枝期

自形成了第一个分枝芽到第一朵花出現是大豆的分枝期。这个时期的生育特点主要仍旧是扎根,次之为抽茎。在此期間,根系的生长速度往往几倍于地上部分的生长,根系的活跃部位集中于土层0—20厘米范围内,80%以上的矿质养分来自这一个土层。这时,大豆体内营养物质的分配中心为生长点和花芽。在这个时期生长良好的大豆植株表现为:茎秆粗、节間短、分枝多、根系发达、叶片較大、叶色黄綠。分枝期是大豆生育过程中“蓄势待发”的阶段,在这个时期内,大豆植株一方面要形成分枝、花芽和繼續扎根,同时又要累积养分为下一阶段的旺盛生长准备条件。在大豆的分枝时期,它对环境条件的要求,除去充足的矿质营养外,还需要疏松的通气良好的土壤条件和足够的水分供应。

大豆在分枝期要求較多的矿质养分,主要由于这时干物质的累积速度快,矿质养分的日平均累积速度超过苗期的5倍,同时,也因为这时形成分枝和花芽。如果养分充足,則两个养分分配中心(生长点和分枝芽)都能获得充足养分,均良好生长。否則,往往是分枝芽受到抑制。根据我們在榆树的試驗結果,当每公頃施肥量1.5万公斤时,大豆每株的分枝数平均为0.6,而当施肥量增加到7.5万公斤时,分枝数則增加到2.3。大豆在分枝期还要求較疏松的土壤条件(表3),因为疏松的土壤可增加土壤中氧气的組成,并增加二氧化碳等气体与大气的交换,这样,可促进根系的生长。同时也加强了土壤微生物的活动和好气分解,释放更多的有效养分供給植物利用。其次,大豆在这个时期还需要較多的水分(約占饱和持水量的65%)和充足的光照,严重的干旱或株間郁閉对大豆的分枝都是不利的。例如在榆树地区当密度自16万株/公頃增加到40万株/公頃时,大豆每株的分枝数即由3.4降低到0.1。

在大豆分枝期,当地土壤的营养条件和通气状况怎样呢?根据我們在1959—1960年分析的结果,黑土中有效磷的含量較低,如果和土壤中最高含量比較起来,只及它的1/5—1/10(图1)。其次,大豆虽然播种在經過翻耕后的疏松的土壤上,但通过播种后的镇压,以及受重力及雨淋的机械作用,到了分枝期耕作层已逐渐紧实,不能适合大豆的要求;而这时对大豆生长的另一个严重威胁是杂草丛生,彼此間不仅剧烈地争夺着土壤中并不丰富的养分和水分,也影响着大豆对光照的要求。因此,为了調节大豆在分枝期与环境条件之間的供求关系,应采取下列的农业技术措施:

1. 为了满足大豆在分枝期对土壤矿质营养中特别是磷肥方面的需要,播种前宜穴施或条施以磷肥为主的矿质

表3 大豆各生育期土壤紧实度的变化

大豆生育期	秋翻后	播种期 (播前耙耨)	幼苗期 (播后镇压)	分枝期 (鏟后)
容重(克/厘米 ³)	0.84	1.00	1.06	0.90
总孔隙(%)	67	61	58	64

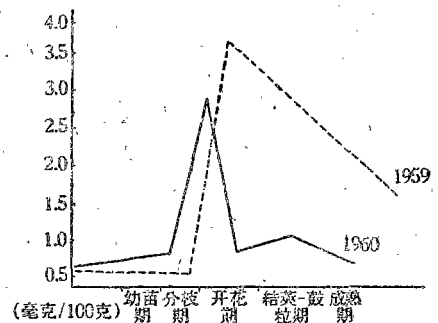


图1 大豆不同生育期黑土中有效磷量 (吉林榆树)

肥料,如过磷酸钙,据试验,在北部黑土地地区施用磷肥可增产 10—15%。

2. 为了疏松土壤,加速土壤与大气间的气体交换,消灭杂草,在大豆的分枝期应该适时进行镪踏,镪踏是保证大豆丰产的一项必不可少的重要农业措施。

三、大豆的开花期

自第一朵花出现到顶花形成是大豆的开花期。在此期间,形成许多新的器官,植株生长极为旺盛,最重要的一个特点是:营养生长和生殖生长高度交错。养分分配中心有二:一个是代表营养生长的生长点,另一个是代表生殖生长的花芽和花。根系的活跃部位虽然仍旧在 0—20 厘米的土层内,但已有下移的趋势。这个时期健壮的植株,除去高度适中外,还须开花数多,落花数少,而环境条件的是否适宜直接影响到大豆的增花保荚。在大豆的开花期,它要求的主要是充足的光照、土壤养分和水分。

大豆的一生中都要求充足的光照,但开花期更为需要。据文献记载,这时它最适宜的光照强度是 6,500—8,000 勒克司 (lx),这主要因为大豆在开花期高速度的生长发育,在相当于整个生育过程四分之一的时间内,它所积累的干物质占总重的 55—65%,如果和其他生育期积累的干物质比较起来,竟达 1—20 倍。这时,如果没有充足的光照而生育健壮几乎是不可能的!我们用同位素 C^{14} 测定的结果,和国内外许多研究者的结果都表明:大豆各个叶片制造的光合产物,主要是供给本叶腋的花、荚。不同部位的花、荚在养分的运转方面难以“互通有无”;加之大豆的结荚部位较低,因此大豆不仅对植株上层的光照要求较高,而且每个叶片层次都要求足够的光照。其次我们从图 2 中可以看出,在大豆开花期植株中的灰分元素和氮素的累积速度都达到了最高峰,其中特别值得注意的是氮素的累积。这时,如果养分充足,两个营养分配中心(生长点和花芽)都得到充分供应,营养生长和生殖生长均充分发展,否则,两者之间的矛盾会进一步激化,其结果,常常是生殖生长受到抑制而导致落花落荚。

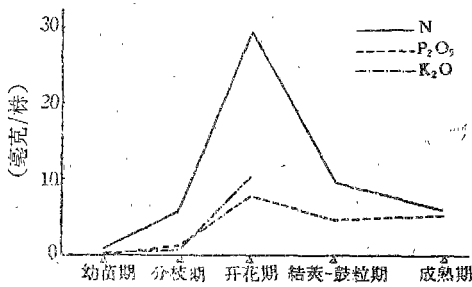


图 2 大豆不同生育期植株中 N、P₂O₅、K₂O 的日平均累积速度

低,因此大豆不仅对植株上层的光照要求较高,而且每个叶片层次都要求足够的光照。其次我们从图 2 中可以看出,在大豆开花期植株中的灰分元素和氮素的累积速度都达到了最高峰,其中特别值得注意的是氮素的累积。这时,如果养分充足,两个营养分配中心(生长点和花芽)都得到充分供应,营养生长和生殖生长均充分发展,否则,两者之间的矛盾会进一步激化,其结果,常常是生殖生长受到抑制而导致落花落荚。

大豆在开花期还需要充足的水分供应,农谚有“大豆开花,垅沟摸虾”之说。据试验结果,当土壤含水量达到饱和持水量的 90% 时大豆的产量最高,在大田条件下自 60% 降至 40% 时,则产量显著下降。

除去上述三个因子外,在大豆的开花期还需要良好的株间通风条件和适当的湿度。许多调查资料都表明,这时如由于植株过分郁闭或湿度过大都影响到花、荚的脱落。

在大豆的开花期,这时的植株已长得相当高大,一般都已封垅,如果播种过密,加之又多阴雨,株间光照往往不足;其次,土壤中的有效氮降低到最低的含量(图 3),这两点成为大豆在开花期与环境条件供求之间的突出矛盾。至于土壤中的水分状况,因为在黑土区占全年 40% 的雨水在此时降落,常年多较充足。为了调节大豆在开花期与环境条件之间的供求关系,宜采取下列的农业措施:

1. 为了满足大豆在开花期对光照的要求,播种时必须采用正确的播种方式和密度。根据在榆树的调查,播种大豆最好的行距是 60 厘米,等距点播,叶面积系数不超过 4.0。至于密度要根据不同的土壤肥力而异,肥地大

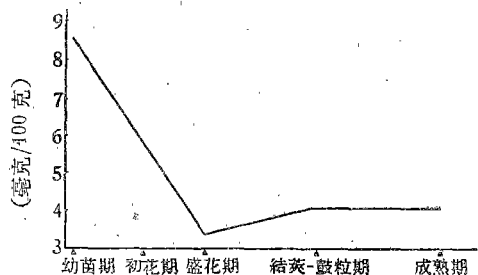


图 3 大豆不同生育期土壤中速效氮的动态 (吉林榆树)

致为 14—16 万株/公頃, 中等地 17—19 万株/公頃, 瘦地上 20—22 万株/公頃。

2. 为了充分供应大豆在开花期对氮素的需要, 达到增花保荚的目的。在大豆开花以前或开花初期, 追施以氮肥为主的速效肥料, 这在貧瘠的土壤上尤其重要。例如去年在榆树的許多人民公社中普遍施用硝酸銨鈣曾获得增产 21—32% 的結果。

3. 大豆在开花期需要充足的水分, 但这时在黑土区正值雨季, 因此不需要灌溉, 只有在严重干旱的年头并且条件許可, 才須要灌溉。

四、大豆的結荚-鼓粒期

自頂荚形成到籽粒充浆結束是大豆的結荚-鼓粒期。进入这个时期以后, 植株的营养生长便基本停止, 而生殖生长跃居第一位, 并且进入旺盛的阶段, 体内营养物质开始再分配和再利用, 豆荚成为这个时期的养分聚集中心。根系的活跃部位轉移到 20 厘米以下。这时大豆的生长势虽然已显著減弱, 但由于这时正是籽粒充实的时期, 因此, 环境条件仍旧影响着籽粒的飽滿和最終的产量。在此期間, 大豆对环境条件要求的因子主要是株間光照和矿質营养。

在大豆的結荚-鼓粒期, 如密度过大, 株間光照不足, 不但会影响每株的荚数, 并且也严重地影响每个荚的粒数和粒重。試驗結果表明, 当密度大于 18 万株/公頃时, 有 60% 的荚为一粒荚及二粒荚, 三粒荚和四粒荚只占 35%, 但密度小于 17 万株/公頃时, 三粒荚及四粒荚都增加到 45—60%。

大豆进入結荚-鼓粒期以后, 对矿質养分的要求已明显下降, 累积养分的速度只及开花期的一半, 但大豆能否获得充足的养分, 对籽粒的形成和最終的产量影响仍然很大。根据調查, 土壤肥力状况不同, 大豆的荚数、粒数和粒重都不同。在肥地上每株平均总荚数为 55.2, 每荚粒数 3.10, 百粒重 17.0 克, 而瘦地上总荚数为 18.9, 每荚粒数 1.94, 百粒重 14.0 克。

在大豆的結荚-鼓粒期, 前期殘留在地里的杂草已长得很大, 这不仅消耗土壤中的养分, 而且严重地影响大豆的通风透光。而由于大豆根系的活跃部位已轉移到較深的土层, 施在表层的基肥和追肥已較难被根系吸收。因此, 如欲进一步滿足大豆这时对矿質养分方面的要求, 如把肥料直接施在土壤表层已不易收效, 因此必須采取其他的途径。为了調节大豆在結荚-鼓粒期与环境条件之間的供求关系, 应采取下列的农业技术措施:

1. 为了达到通风透光的目的, 除去采用适当的密度外, 这时应彻底地消灭殘留在田間的杂草。

2. 为了进一步滿足大豆对矿質养分的需要, 最好的办法是根外追肥, 根据試驗結果, 这时如在叶面噴射磷肥, 可增产 13% 左右。

以上說明大豆各个生育期所要求的土壤、气候条件, 得到平衡滿足的程度, 决定着大豆的最終产量。而且个别时期个别因素(例如水分或是土壤养分中的磷或氮)不能滿足大豆生育要求, 即使其他因素都很充分, 也会限制大豆的正常生育, 以致降低产量。因之, 就要求我們在大豆生产中, 必須严格地遵循大豆各生育时期特点, 实施农业技术措施, 保証丰产。然而, 所有大豆各生育时期所要求的土壤、气候条件的指标, 并不是固定不变的, 它一方面在一定范围内有其最适宜的指标, 另一方面又可随某些因素的增減而变化, 也引起另一些因素的适宜指标发生变化。所以, 又要求我們在大豆生产上运用各种农业技术措施时, 要有相当的灵活性, 要因地、因时制宜的运用, 而不能死搬硬套。东北黑土区各地的自然条件差別很大, 同一地区土壤肥力也有所不同。因而, 控制大豆生长发育的技术措施, 在各地也不尽相同, 即使在同一地区, 由于年景不同, 在大豆不同生育时期也应采取不同的办法。以施肥为例, 大豆从幼苗到分枝、开花、結荚、鼓粒, 都需要充足的土壤养分, 可是为了滿足大豆前期、中期、后期的养分供应, 却需要采取不同的施肥措施; 分枝期以前以

口肥为主,花期以充足的底肥和补以相当追肥为主,后期则以深施底肥和叶面喷肥为主。当然,在施肥种类上,数量比例上,前期与后期,追肥和底肥,也都各有不同。

所有这些,都说明了作物的要求与环境条件以及人为措施三者之间极其错综复杂的关系。弄清这些关系的各个环节,实际上也就是真正掌握了作物丰产的全部规律,从而也就有可能在不同时期的自然条件下,对这种农作物采取一整套相应的农业技术措施,实现对作物的计划管理和阶段控制的工序化生产,而获得稳定和高额的产量。

充分掌握大豆生育与环境条件之间密切联系的规律性,对当前争取大豆大面积均衡增产和稳定高产来说,更有现实意义。它使我们有可能根据大豆生育的要求和当时当地的具体土壤气候条件以及可能应用的人为措施,更经济有效地实施各项农业技术,灵活运用农业“八字宪法”,把力量用到“刀口”上,以较少的人力和物力取得较高的大豆产量。

当然,我们这里所提出的关于大豆阶段控制与管理的想法还是极其初步的,只能说是一个雏型。可是,这种想法可能恰恰反映了农业科学上新的作物-土壤统一的研究方向和在研究工作上必须掌握唯物辩证的思想方法。这就要求我们这一代农业生物科学工作者,特别是土壤工作者首先应当进一步深入学习毛泽东思想和辩证唯物主义,用辩证的观点对待和研究农业生产上不断出现的形形色色的问题;而不是孤立地、静止地以及象过去我们土壤工作者常常过多地注意地下,忽视地上,只看土壤不见作物;或者如肥料工作者常常只顾施肥不问土壤等等那种片面观察问题的思想方法和工作方式。其次,亦应进一步深入学习研究我国农民丰富而宝贵的生产经验,把这些经验总结起来,使之系统化、科学化、并加以提高。其三,应进一步深入学习掌握现代基础理论和科学技术的新成果,进一步研究农作物与土壤、气候间各因素的数量关系。我们在这里对东北黑土区的大豆丰产规律提出了比较综合的看法,这只是贯彻上述思想方法的开始。我们深信,这些不成熟的想法和看法必然有它进一步加以完善和发展的远大前途。使农业生物科学和其中一门重要学科——农业土壤学更有力地越来越深刻地揭穿农作物-土壤气候-人为措施三者之间的全部秘密,采取相应的有效措施,控制和调节作物的生长发育,利用自然,改造自然,最后获得农作物更高额的丰产,为加速社会主义建设服务。