

米国産大豆作物の品質：2011年¹

セス・L・ネイブ博士、ジェームズ・H・オーフ博士、ジル・ミラー・ガービン博士²

概要

アメリカ大豆協会とアメリカ大豆輸出協会では、1986年から米国産大豆の品質調査を支援している。この調査は、海外顧客に買い付けの参考にしてもらえるように、新穀の品質データを提供するために行われている。

2011年度の生産面積・収量・総生産量

米国農務省農業統計局（USDA-NASS）の2011年10月12日付けの作柄報告によると、米国産大豆の総生産面積は、昨年よりやや少ない2,980万ヘクタール（収穫面積）だった（表1）。平均収量もヘクタールあたり2.79トンと昨年をやや下回った。生産面積と収量が2010年レベルを下回ったことで、米国産大豆の総生産量は8,340万トンになる見込みである。この予測通りであれば、2011年の大豆生産量は2010年より9%減となる。

2011年の米国産大豆作物の品質

2011年8月30日までに生産者10,637人にサンプルキットを郵送した。生産農家は、回答の分布が大豆の生産にほぼ合致するよう、各州の大豆生産の総作付面積をもとに選出した。2011年10月25日までに1,669サンプルを受領した。これらのサンプルのタンパク質・油分・アミノ酸含有率を、Pertent社（スウェーデン、フッティング）がミネソタ大学と共同開発した検量方程式を組み込んだ同社製ダイオードアレイ装置DA 7200を用いた近赤外分光法（NIRS）で分析した。地域および全米の大豆作物の品質平均は、より正確に全体を代表するように、州と地域の大豆生産量で加重平均して決定した。その結果を表2と表3に示す。

¹ Prepared for the American Soybean Association – International Marketing Quality Mission to Asia, 14-18 November, 2011.

² Associate Professor, Professor, and Associate Scientist, respectively, Department of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108

タンパク質と油分の結果

2011年の米国産大豆のタンパク質と油分の平均含有率は、2010年をやや下回り、どちらも米国の長期平均より低くなった。2011年の米国産大豆の平均タンパク質含有率は前年を0.2%下回る34.8%となり、平均油分含有率は前年より0.4%低い18.2%だった（表4）。ほぼ例年通り、コーンベルト西部の諸州では、タンパク質含有率が全国平均より低かった。中南部および東海岸の諸州で生産された大豆は、タンパク質含有率が高い傾向にあった。中南部・南東部・東海岸の諸州で生産された大豆は、コーンベルト東部および西部の主要な大豆生産地域産よりも油分含有率が高かった。

2010年産大豆と比較すると、コーンベルト東部および中南部産大豆ではタンパク質含有率がやや低くなり、東海岸地域ではタンパク質値が若干高くなった。油分含有率はコーンベルト諸州全体で前年を下回ったが、中南部、南東部、東海岸の諸州では高くなった。

2010年と同様に、2011年産大豆の種子は、収穫期の平均レベルよりも乾燥度が高い傾向にあった。2011年に受領したサンプルの平均水分含有率は10.6%だった。水分量が最も低かったのは西部諸州（カンザス、ネブラスカ、サウスダコタ州）の大豆だった。コーンベルト西部地域全体の平均水分含有率は10.1%だった。タンパク質値を水分含有率13%ベースではなく「現状」ベースに調整すると、平均的な米国産大豆のタンパク質含有率は34.7%から35.7%に上昇した。同様に、平均的な米国産大豆を「現状」ベースで評価した場合、油分は18.2%から18.7%に上昇することになる。

粒サイズの調査結果

大部分のコモディティ大豆の購買者にとって、粒のサイズは重要でないかもしれないが、粒サイズから生産シーズン中の環境条件に関するある程度の情報が得られることは確かである。また粒サイズが、こういった同じ環境条件によるタンパク質および油分含有率の変化と関係している可能性もある。一般に、登熟期初期（7月後半から8月前半）に早魘などの環境ストレスが加わると、個々の植物体の種子数は減少する傾向にある。その後環境条件が正常に戻った場合、残っている種子は、平均的な粒サイズを上回るほど大きくなる。また、登熟期の終わり（8月後半から9月の終わりにかけて）にストレスを受けると、種子1粒あたりの利用可能エネルギーが減少し、粒サイズは平均より小さくなるかもしれない。

2011年産大豆の粒サイズは、2010年産より6%大きくなり、前年は100粒あたり14.3グラムだったのが2011年には15.1グラムになった（表3）。コーンベルト西部および中南部地域では、シーズン後半の早魘のため、種子が生長不良になり、収量が減少した。このため粒サイズが最小のものが多かった。

アミノ酸

アミノ酸は、「構成要素」の有機化合物で、特有なタンパク質を形成する様々な組み合わせで結合している。アミノ酸の供給源となるのは、人間の場合は食事から摂取する各種の植物／動物タンパク質である。家畜飼料では、大豆ミール等の飼料タンパク質、あるいは合成アミノ酸補助剤（サプリメント）からアミノ酸を補給する。大豆ミールはバランスの取れたアミノ酸を含有し、栄養価が高いため、家禽、豚、養殖魚の飼料の主要なタンパク質供給源となっている。飼料中のタンパク質に、全ての必須アミノ酸（動物が自ら形成することのできないアミノ酸）が最適な量および割合で含まれている場合、これは「理想的なタンパク質」であり、家畜を最適に成長させることができる。一般に、飼料の配合設計においては、理想的なタンパク質飼料にするため、分かっている粗タンパク質の値を基にして、アミノ酸の不足が生じないように、「保険」となるレベルのアミノ酸を加える。但しこのやり方では、タンパク質供給量が動物の必要量と完全に一致しないため、窒素化合物が過剰になることがしばしばある。過剰分は体外に排出され失われるため、環境汚染のリスクがある。またこのやり方では生産コストが高くなる。

低いタンパク質含有率で最も制限的なアミノ酸要件を満たすためには、良好なバランスのアミノ酸を持っている高品質なタンパク質供給源を使うのが理想的であり、これは品質の低いタンパク源を使うよりもはるかに効率的である。米国産と他の地域産の大豆ミールを比較すると、米国産大豆ミールはタンパク質の含有率ではブラジル産に劣るが、タンパク質中の必須アミノ酸含有率がブラジル産より高いため、たんぱく質の品質ではブラジル産に勝る（Park and Hurburgh, 2002; Thakur and Hurburgh, 2007; Bootwalla, 2009）。一般的に米国産大豆は粗タンパク質の含有率が低いが、米国産大豆も大豆ミールも必須アミノ酸含有率が高い（Thakur and Hurburgh, 2007）。従ってより高品質のタンパク質を含んでいることになる。

最近、米国産大豆のタンパク質中のアミノ酸の相対存在量を調べるため、2006年から2009年までの大豆品質調査のサンプルを評価した。各年度につき米国全体の代表となる約100サンプルを選択した。HPLC（高速液体クロマトグラフィ）を用いて、これらのサンプルの全アミノ酸を評価した。2009年と2010年は、1,500強のサンプルの全アミノ酸をNIRSで評価した。評価したのは、タンパク質中の含有率で表されるリジンである。これは、リジンが時として菜食に含まれる制限アミノ酸だからである。この第1制限アミノ酸が飼料で適量供給されなければ、残りの必須アミノ酸も効率的に使われなくなる。この分析のため、10種類の必須アミノ酸（ロイシン、ヒスチジン、イソロイシン、リジン、メチオニン、システイン、フェニルアラニン、トレオニン、トリプトファン、バリン）を検討した。8種類の非必須アミノ酸はアラニン、アルギニン、アスパラギン酸、グルタミン酸、グリシン、プロリン、セリン、チロシンである。各アミノ酸の相対存在量はサンプルによって異なり、平均値には年度差が見られたが、米国産とブラジル産の大豆サンプルを比較した過去の研究で確認されたのと同じ一般的傾向が、米国産大豆に認められた。

- 粗タンパク質含有率の低い大豆サンプルは、タンパク質含有率の高いサンプルに比べて、必須アミノ酸が豊富なタンパク質を含んでいる傾向にある。
- 必須アミノ酸のうち相対存在量が一貫して最も上昇したのはリジンだと思われる。言い換えれば、タンパク質含有率の低いサンプル中の必須アミノ酸総量を増加させた要因の1つが、リジンであると思われる。

2011年のアミノ酸の概要

2011年のアミノ酸の結果は、前述した昨年度までの結果を裏付けるものだった。粗タンパク質の割合として分析すると、リジンはコーンベルト地域産大豆のタンパク質にやや多く含まれ、東海岸地域産大豆ではやや少ない。10種類の必須アミノ酸の合計値は、タンパク質の品質評価基準として一貫性が高いと思われる。ミネソタ、アイオワ、ミズーリ、イリノイの各州産の大豆サンプルは、他の主要な大豆生産州と比べて、必須アミノ酸をやや多く含んでいる傾向にあった。

気候の概要

作付：3月、4月、5月の降水量は、ミズーリ州南西部からオハイオ・バレーにかけて例年の200%だった。気温はアイオワ州、ミネソタ州、ウィスコンシン州では概して例年を下回り、それ以南の地域では例年を上回った。5月の気温は概して西部で低め、東部で高めだった。長雨と洪水により春の作付けが遅れ、5月末までに作付けを終了した大豆は、平均76%に対しオハイオ州では7%に過ぎなかった。5月29日時点で作付けが予定通り終了していたのは51%で、これは例年より20%遅いペースだった。一方、アイオワ州および他の中西部地域では、作付けが例年より早くなり、大豆作物は頻繁な降雨の恩恵を受けた。

シーズン半ば：アイオワ、イリノイ、ミシガンの各州で6月の降水量が例年の2、3倍になった地域があった。またミズーリ州およびミシガンとオハイオの州境沿いでは、降水量が例年の50%未満だった。気温は北西部で例年をやや下回り、南部では例年を上回った。7月の気温は中西部全域で非常に高く、降水量も例年より多かった。ミズーリ州では7月の気温が過去30年で最高となった。7月にはアイオワ州とミズーリ州のミシシッピ川流域で洪水が続いた。8月の降水量は中西部全体でばらつきが大きく、例年の25%未満から約200%まで様々だった。気温はほぼ例年並みか例年よりも高かった。テキサス州、オクラホマ州、カンザス州南部、ルイジアナ州西部では記録的な旱魃が続いた。ジョージア州でも夏の終わりにかけて旱魃状態が顕著になった。インディアナ、イリノイ、アイオワ、ミネソタの各州では、8月から収穫期にかけて中程度の旱魃が大豆作物にストレスを与えた。この広範な旱魃が2011年の米国産大豆に最も大きな影響を及ぼした。

収穫：9月の初めは気温が高かったが、後半には例年よりも低めになった。ウィスコンシン州とイリノイ州およびその東のオハイオ州とケンタッキー州にまたがる地域では、

降水量が非常に多かったが、ミシシッピ川西側の地域では例年をはるかに下回った。乾燥状態が続いたのに加えて、中西部北域では9月15日に氷結があった。その時点で完全に成熟していた大豆はわずかだったため、収量損失が生じた。主な大豆生産地域の大部分において、生産者は9月25日までに収穫を開始していた。10月30日までに収穫された大豆作物は87%で、これは昨年よりも8%遅いペースだったが、5年間の平均を8%上回った。10月9日時点で「良い」あるいは「非常に良い」と評価された大豆は全体の56%だった。

全体的に2011年シーズンは降水量が多く気温が低めだったため、作付けが例年より遅くなり、そのため大豆の生育も遅れた。また主要生産地の大豆は、シーズン後半の早魃と9月半ばの氷点下の気温の影響を受けた。

References

Bootwalla, S. 2009. Apparent metabolizable energy and amino acid variation in soybean meal and its implication on feed formulation. American Soybean Association Technical Bulletin AN38 Bootwalla pdf. Available at:

[http://www.asaimsea.com/index.php?language=en&screenname= docs Technical Bulletins|AnimalNutrition.](http://www.asaimsea.com/index.php?language=en&screenname=docs_Technical_Bulletins|AnimalNutrition)

Federal Grain Inspection Service. 2004. Test Weight. *In* Grain Inspection Handbook II (Chapter 10). Washington DC: USDA-GIPSA-FGIS.

National Agricultural Statistics Service. 2011. Available at (verified 31, October, 2011) <<http://usda01.library.cornell.edu/usda/current/CropProg/CropProg-10-31-2011.pdf>>.

Midwestern Regional Climate Center (MRCC) <<http://mcc.sws.uiuc.edu/cliwatch/watch.htm>>. Champaign, IL.

Park, H.S. and C.R. Hurburgh. 2002. Improving the US position in world soybean meal trade. MATRIC working paper 02-MWP7. Available at: <<http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/02mwp7.pdf>>.

Thakur, M. and C.R. Hurburgh. 2007. Quality of US soybean meal compared to the quality of soybean meal from other origins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84:835-843.

Table 1. Soybean production data for the United States, 2011 crop

Region	State	Yield (MT ha ⁻¹)	Area Harvested (1000 ha)	Production (MMT)
Western Corn Belt (WCB)	Iowa	3.4	3,750	12.7
	Kansas	1.8	1,539	2.8
	Minnesota	2.8	2,839	7.8
	Missouri	2.5	2,126	5.3
	Nebraska	3.6	1,964	7.1
	North Dakota	1.9	1,600	3.1
	South Dakota	2.6	1,640	4.3
	Western Corn Belt	2.7	15,459	43.2 51.8%
Eastern Corn Belt (ECB)	Illinois	3.1	3,584	11.1
	Indiana	2.8	2,142	6.1
	Michigan	3.0	786	2.3
	Ohio	3.1	1,839	5.7
	Wisconsin	3.0	648	2.0
	Eastern Corn Belt	3.0	8,999	27.1 32.5%
Midsouth (MDS)	Arkansas	2.5	1,316	3.3
	Kentucky	2.6	595	1.6
	Louisiana	2.4	397	1.0
	Mississippi	2.7	721	1.9
	Oklahoma	1.1	101	0.1
	Tennessee	2.4	506	1.2
	Texas	1.0	45	0.0
	Midsouth	2.1	3,681	9.1 10.9%
Southeast (SE)	Alabama	2.0	117	0.2
	Georgia	1.4	59	0.1
	North Carolina	2.1	547	1.1
	South Carolina	1.7	146	0.3
	Southeast	1.8	869	1.7 2.1%
East Coast (EC)	Delaware	2.6	68	0.2
	Maryland	2.6	186	0.5
	New Jersey	2.3	35	0.1
	New York	2.8	112	0.3
	Pennsylvania	2.8	196	0.6
	Virginia	2.6	219	0.6
	East Coast	2.6	816	2.2 2.6%
USA 2011		2.8	29,839	83.4
USA 2010		2.9	31,113	91.9

Source: United States Department of Agriculture, NASS 2011 Crop Production Report (October 12, 2011)

Table 2. ASA-IM 2011 Soybean Quality Survey Data

Region	State	Number of Samples	Protein (%)*	Oil (%)*	Seed Wt. g/100 seeds
Western	Iowa	248	33.8	18.5	15.2
Corn Belt (WCB)	Kansas	54	35.4	18.0	14.8
	Minnesota	255	34.0	17.8	14.7
	Missouri	79	34.5	18.6	14.9
	Nebraska	130	35.1	17.7	15.2
	North Dakota	65	35.5	17.2	14.9
	South Dakota	92	34.8	17.1	14.4
Averages [†]	Western Corn Belt	923	34.5	18.0	14.9
Eastern	Illinois	304	34.2	18.7	15.3
Corn Belt (ECB)	Indiana	112	34.6	18.2	15.3
	Michigan	48	36.1	17.3	16.2
	Ohio	83	36.0	17.4	15.6
	Wisconsin	45	35.3	17.4	16.0
Averages [†]	Eastern Corn Belt	592	34.9	18.1	15.5
Midsouth (MDS)	Arkansas	44	35.7	19.1	15.2
	Kentucky	19	34.5	19.1	15.1
	Louisiana	18	38.0	19.0	15.0
	Mississippi	23	36.8	19.2	14.6
	Oklahoma	1	36.3	18.9	14.0
	Tennessee	16	34.2	19.8	14.1
	Texas	1	30.4	17.4	10.9
	Averages [†]	Midsouth	122	35.7	19.2
Southeast (SE)	Alabama	1	40.1	18.3	16.3
	Georgia	0			
	North Carolina	6	33.1	21.2	13.8
	South Carolina	0			
Averages [†]	Southeast	7	34.3	20.7	14.2
East Coast (EC)	Delaware	4	36.8	19.5	17.2
	Maryland	13	36.3	18.9	17.2
	New Jersey	1	38.4	20.0	16.7
	New York	2	36.4	18.8	17.9
	Pennsylvania	2	35.4	18.2	16.6
	Virginia	3	37.0	19.2	14.6
Averages [†]	East Coast	25	36.4	18.9	16.4
USA	Averages	1669	34.7	18.2	15.1
	Average of 2011 Crop[†]		34.8	18.2	15.1
	US 1986-2011 avg.		35.3	18.7	

* 13% moisture basis

† Regional and US average values weighted based on estimated production by state as estimated by USDA, NASS Crop Production Report (October 11, 2011)

Table 3. ASA-IM 2011 Soybean Quality Survey Data

Region	State	Number of Samples	Protein (%) [*]	Lysine (as % of P)	Essential Amino Acids [†] (as % of P)	Non-Essential Amino Acids [‡] (as % of P)
Western Corn Belt (WCB)	Iowa	248	33.8	6.0	40.4	58.6
	Kansas	54	35.4	5.8	39.6	57.7
	Minnesota	255	34.0	6.0	40.3	58.5
	Missouri	79	34.5	6.0	40.0	58.0
	Nebraska	130	35.1	5.9	39.4	57.2
	North Dakota	65	35.5	5.7	39.1	57.2
	South Dakota	92	34.8	5.9	39.8	57.8
Averages [†]	Western Corn Belt	923	34.5	5.9	39.9	58.0
Eastern Corn Belt (ECB)	Illinois	304	34.2	6.0	40.1	57.8
	Indiana	112	34.6	6.1	39.8	57.4
	Michigan	48	36.1	5.9	38.8	56.5
	Ohio	83	36.0	5.7	39.0	57.0
	Wisconsin	45	35.3	5.9	39.4	57.2
Averages [†]	Eastern Corn Belt	592	34.9	5.9	39.6	57.4
Midsouth (MDS)	Arkansas	44	35.7	5.7	39.4	57.8
	Kentucky	19	34.5	5.7	40.2	58.9
	Louisiana	18	38.0	5.4	38.3	57.1
	Mississippi	23	36.8	5.8	38.6	56.2
	Oklahoma	1	36.3	6.2	38.5	54.9
	Tennessee	16	34.2	6.1	40.3	58.5
	Texas	1	30.4	6.3	43.2	63.0
Averages [†]	Midsouth	122	35.7	5.8	39.4	57.7
Southeast (SE)	Alabama	1	40.1	5.1	36.8	55.3
	Georgia	0				
	North Carolina	6	33.1	5.7	41.0	60.2
	South Carolina	0				
Averages [†]	Southeast	7	34.3	5.6	40.3	59.3
East Coast (EC)	Delaware	4	36.8	5.1	38.6	58.1
	Maryland	13	36.3	5.4	38.9	57.1
	New Jersey	1	38.4	5.4	37.9	56.3
	New York	2	36.4	5.4	38.8	58.2
	Pennsylvania	2	35.4	5.7	39.2	57.2
	Virginia	3	37.0	5.5	38.0	55.6
Averages [†]	East Coast	25	36.4	5.5	38.6	56.9
USA	Averages	1669	34.7	5.9	39.8	57.8
	Average of 2011 Crop[†]		34.8	5.9	39.7	57.8

* 13% moisture basis

[†] Regional and US average values weighted based on estimated production by state as estimated by USDA NASS Crop Production Report (October 11, 2011)

[†]Essential amino acids: leucine, histidine, isoleucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan, valine, and cysteine

[‡]Non-essential amino acids: alanine, arginine, aspartic acid, glutamic acid, glycine, proline, serine, and tyrosine

Table 4. Historical Summary of Yield and Quality Data for US Soybeans

Year	Yield (kg ha ⁻¹)	Protein* (%)	Oil* (%)	Sum [†] (%)	Harvested (Mha)	Production (MMT)	Protein Std. Dev.	Oil Std. Dev.
1986	2237	35.8	18.5	54.3	23.6	52.9	1.39	0.70
1987	2278	35.5	19.1	54.6	23.2	52.8	1.59	0.71
1988	1814	35.1	19.3	54.4	23.2	42.2	1.50	0.83
1989	2170	35.2	18.7	53.9	24.1	52.4	1.51	0.82
1990	2291	35.4	19.2	54.6	22.9	52.5	1.22	0.66
1991	2298	35.5	18.7	54.1	23.5	54.0	1.38	0.86
1992	2526	35.6	17.3	52.8	23.6	59.6	1.38	0.97
1993	2190	35.7	18.0	53.8	23.2	50.9	1.24	0.87
1994	2782	35.4	18.2	53.6	24.6	68.6	1.36	0.93
1995	2372	35.5	18.2	53.6	24.9	59.2	1.39	0.86
1996	2526	35.6	17.9	53.5	25.7	64.9	1.25	0.87
1997	2614	34.6	18.5	53.0	28.0	73.2	1.51	0.96
1998	2614	36.1	19.1	55.3	28.5	74.6	1.50	0.81
1999	2452	34.6	18.6	53.2	29.4	72.1	1.88	1.05
2000	2553	36.2	18.7	54.9	29.6	75.6	1.68	0.94
2001	2647	35.0	19.0	54.0	30.0	79.6	1.95	1.07
2002	2486	35.4	19.4	54.8	29.1	72.2	1.58	0.93
2003	2284	35.7	18.7	54.3	29.4	67.2	1.71	1.19
2004	2822	35.1	18.6	53.7	30.0	84.6	1.47	0.90
2005	2889	34.9	19.4	54.3	29.2	83.4	1.46	0.87
2006 [‡]	2869	34.5	19.2	53.7	30.2	86.8	1.64	1.01
2007 [‡]	2802	35.2	18.7	53.9	26.0	72.9	1.23	0.76
2008 [‡]	2641	34.1	19.1	53.2	30.1	79.6	1.40	0.82
2009 [‡]	2956	35.3	18.6	53.9	30.9	91.5	1.23	0.88
2010 [‡]	2950	35.0	18.6	53.6	31.1	91.9	1.38	1.19
2011 [‡]	2788	34.8	18.2	53.0	29.8	83.4	2.20	1.79
Averages (1986-2011)	2533	35.3	18.7	53.9	27.1	69.2	1.50	0.93

Sources: United States Department of Agriculture
Iowa State University
University of Minnesota

*Protein and oil concentrations expressed on a 13% basis moisture

[†]Sum represents sum of protein and oil concentrations

[‡]2006 - 2011 quality estimates are weighted by yearly production estimates by state