

Міжнародний форум біоенергетичних технологій та альтернативної енергетики в агробізнесі AgroEnergyDAY
30 жовтня 2019 р., Київ

**Заготівля побічної продукції кукурудзи на зерно та її переробка у паливні брикети і гранули.
EBRD, FINTESS**

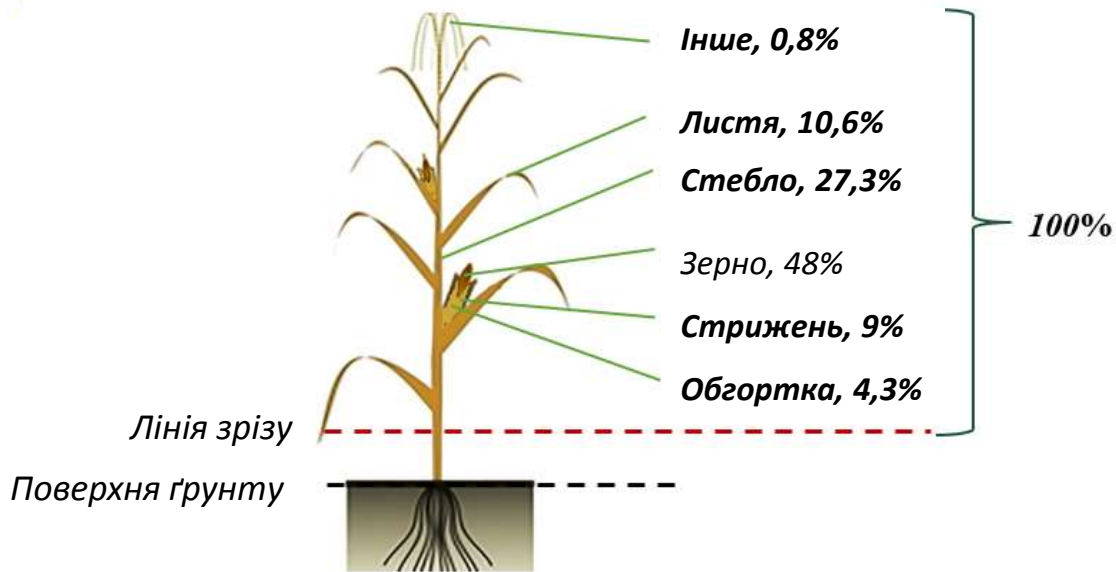
Семен Драгнєв
Біоенергетична асоціація України



Виробництво кукурудзи на зерно в областях України

Область	Валовий збір (Виробництво), тис. т			Зібрана площа, 1000 га			Урожайність, ц/га		
	2014	2016	2018	2014	2016	2018	2014	2016	2018
Вінницька	2702,7	2574,3	3751,4	327,1	303,9	378,9	82,6	84,7	99,0
Волинська	184,9	149,1	288,5	23,9	21,2	27,6	77,5	70,1	104,3
Дніпропетровська	929,1	1197,6	1329,7	348,1	339,2	309,2	26,7	35,3	43,0
Донецька	366,7	195,2	178,5	101,1	65,9	60,6	36,3	29,6	29,4
Житомирська	1292,9	1171,1	1504,7	178,9	144,2	165,5	72,3	81,1	91,0
Закарпатська	196,4	281,7	272,1	42,9	51,5	51,4	45,8	54,7	53,1
Запорізька	130,7	148,6	127,7	47,0	50,9	36,9	27,8	29,2	34,6
Івано-Франківська	355,8	310,1	327,3	49,8	44,5	43,3	71,5	69,6	75,6
Київська	2053,3	1835,3	2828,9	259,1	247,9	290,9	79,2	74,1	97,2
Кіровоградська	1834,4	2071,3	2268,7	367,3	364,6	373,3	49,9	56,8	60,8
Луганська	316,3	306,5	226,5	89,3	84,3	65,4	35,4	36,3	34,6
Львівська	434,1	277,0	358,2	62,2	39,4	40,2	69,7	70,1	89,2
Миколаївська	499,2	474,5	571,4	133,9	121,5	113,3	37,3	39,0	50,4
Одеська	546,0	609,6	717,7	162,1	159,9	144,4	33,7	38,1	49,7
Полтавська	3380,1	4208,7	4927,6	581,8	543,8	599,4	58,1	77,4	82,2
Рівненська	506,3	520,9	475,9	61,3	64,4	56,0	82,6	80,8	84,9
Сумська	2672,7	2616,5	3273,4	325,5	314,4	367,9	82,1	83,2	89,0
Тернопільська	1188,1	818,4	1005,5	153,4	110,8	107,6	77,5	73,8	93,5
Харківська	1606,8	1564,1	1432,5	301,0	276,5	254,4	53,4	56,6	56,3
Херсонська	224,5	262,3	293,0	43,3	40,4	41,4	51,8	65,0	71,0
Хмельницька	1727,4	1151,8	2101,6	209,6	153,5	209,1	82,4	75,1	100,5
Черкаська	2286,8	2495,6	3363,2	325,8	330,5	364,1	70,2	75,5	92,4
Чернівецька	399,7	254,2	330,5	63,0	52,5	54,1	63,4	48,4	61,0
Чернігівська	2661,9	2580,2	3846,6	369,5	326,5	409,3	72,0	79,0	94,0
УКРАЇНА	28496,8	28074,6	35801,1	4626,9	4252,2	4564,2	61,6	66,0	78,4

Основні частини кукурудзи та їх масова частка



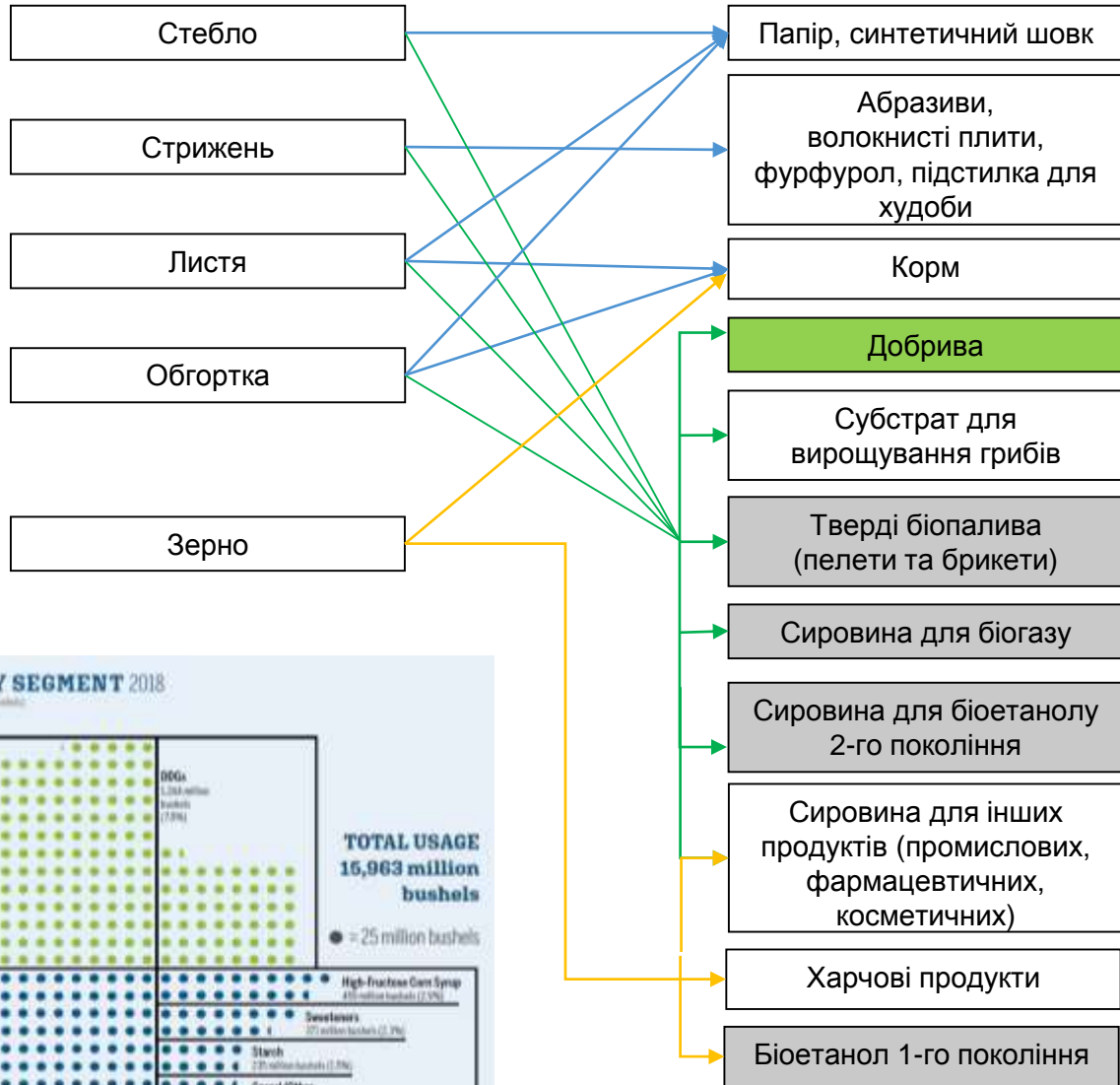
$Стерня = 0,1 * M_{зерна}$
 $СТ + ЛТ = 0,96 * M_{зерна}$ *За жаткою*
 $ОБ + СТ = 0,24 * M_{зерна}$ *За комбайном*

СТ – стебло, ЛТ – листя, ОБ – обгортка, СТ – стрижень,
 $M_{зерна}$ – маса зерна

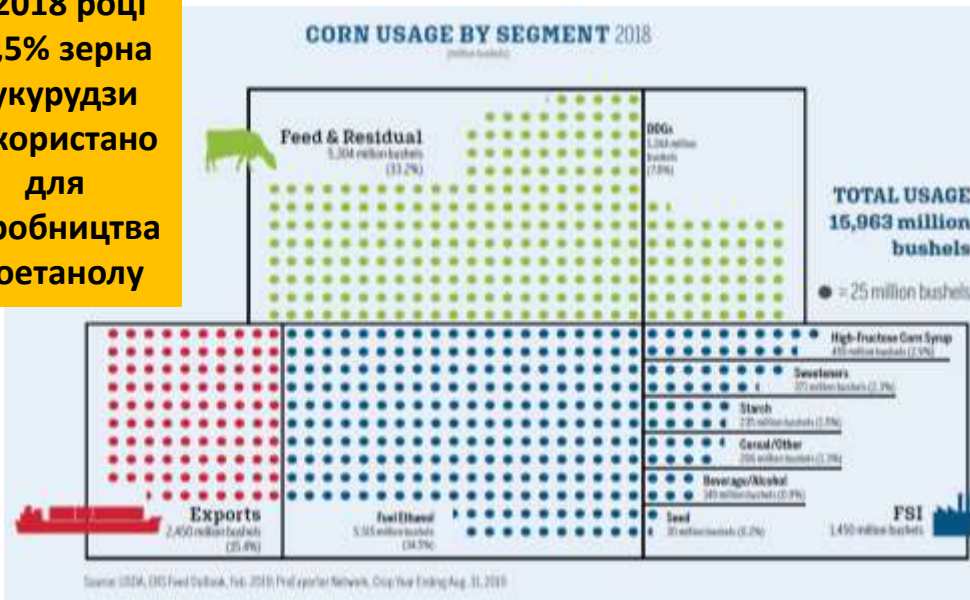


Напрямки використання зерна та побічної продукції (ПП) кукурудзи

Щороку велика кількість побічної продукції кукурудзи на зерно спалюється на полях



У 2018 році 34,5% зерна кукурудзи використано для виробництва біоетанолу



Джерело: World of corn 2019, NCGA, 2019.

Хімічний склад та характеристики різних видів біомаси

Показники	Свіжа солома («жовта»)	Лежала солома («сіра»)	Солома озимої пшениці	Стебла кукурудзи*	Стебла соняшника*	Деревна тріска
Вологість, %	10-20	10-20	11,2	45-60 (після збирання) 15-18 (висушені на повітрі)	60-70% (після збирання) ~20 (висушені на повітрі)	40
Нижча теплота згорання, МДж/кг	14,4	15	14,96	16,7 (с.р.) 5-8 (W 45-60%) 15-17 (W 15-18%)	16 (W<16%)	10,4
Вміст летючих речовин, %	>70	>70	80,2	67	73	>70
Зольність, %	4	3	6,59	6-9	10-12	0,6-1,5
Елементарний склад, %:						
вуглець	42	43	45,64	45,5	44,1	50
водень	5	5,2	5,97	5,5	5,0	6
кисень	37	38	41,36	41,5	39,4	43
хлор	0,75	0,2	0,392	0,2	0,7-0,8	0,02
калій (лужний метал)	1,18	0,22	–	стрижні: 6,1 мг/кг с.р.	5,0	0,13-0,35
азот	0,35	0,41	0,37	0,69; 0,3	0,7	0,3
сірка	0,16	0,13	0,08	0,04	0,1	0,05
Температура плавлення золи, °С	800-1000	950-1100	1150	1050-1200	800-1270	1000-1400

с.р. – суха речовина; *W* – вологість.

* Дані по вмісту летючих речовин, зольності, елементарному складу – % маси с.р.

Енергетичний потенціал ПП кукурудзи в областях України (2018)

Економічний потенціал (величина, що доступна для виробництва енергії становить **40%** теоретичного потенціалу)

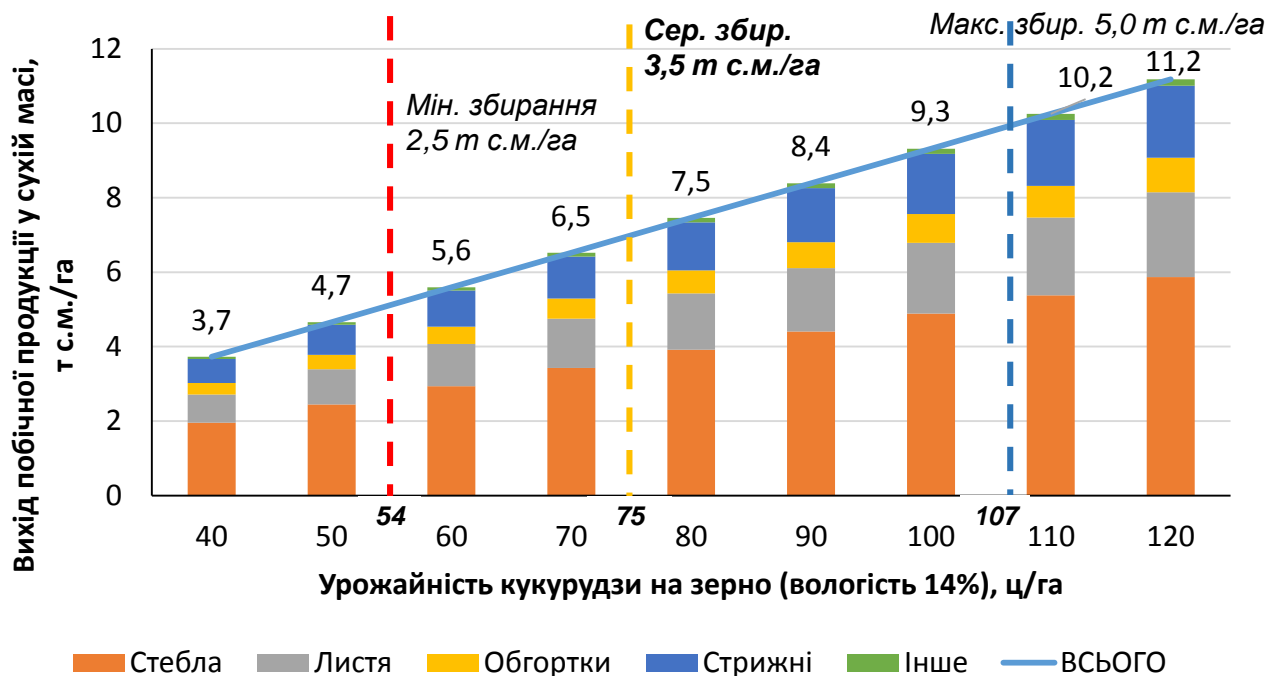


Економічний потенціал побічної продукції кукурудзи, тис. т н.е.



Область	Теоретичний потенціал		Економічний потенціал	
	тис. т	тис. т н.е.	тис. т	Тис. т н.е.
Вінницька	4876,8	931,8	1950,7	372,7
Волинська	375,1	71,7	150,0	28,7
Дніпропетровська	1728,6	330,3	691,4	132,1
Донецька	232,1	44,3	92,8	17,7
Житомирська	1956,1	373,8	782,4	149,5
Закарпатська	353,7	67,6	141,5	27,0
Запорізька	166,0	31,7	66,4	12,7
Івано-Франківська	425,5	81,3	170,2	32,5
Київська	3677,6	702,7	1471,0	281,1
Кіровоградська	2949,3	563,5	1179,7	225,4
Луганська	294,5	56,3	117,8	22,5
Львівська	465,7	89,0	186,3	35,6
Миколаївська	742,8	141,9	297,1	56,8
Одеська	933,0	178,3	373,2	71,3
Полтавська	6405,9	1224,0	2562,4	489,6
Рівненська	618,7	118,2	247,5	47,3
Сумська	4255,4	813,1	1702,2	325,2
Тернопільська	1307,2	249,8	522,9	99,9
Харківська	1862,3	355,8	744,9	142,3
Херсонська	380,9	72,8	152,4	29,1
Хмельницька	2732,1	522,0	1092,8	208,8
Черкаська	4372,2	835,4	1748,9	334,2
Чернівецька	429,7	82,1	171,9	32,8
Чернігівська	5000,6	955,5	2000,2	382,2
УКРАЇНА	46541,4	8893,0	18616,6	3557,2

Вихід сухої маси ПП кукурудзи на зерно



Розрахункове співвідношення с.м. побічної продукції до с.м. зерна = 1,1

У загальному можна приймати частку збирання ПП кукурудзи на зерно 50%

Технологічні схеми збору ПП кукурудзи

- Комбайн + трактор з мульчувачем та валкоутворювачем + трактор з прес-підбирачем.



SC1 (20-35 т/год)



SC2 (8-10 т/га)

- Схема на базі кормозбирального комбайну: комбайн + трактор з мульчувачем та валкоутворювачем + кормозбиральний комбайн + трактор з причепом.



SC3 (20-40 т/год)

- Схема на базі кормозбирального причепа підбирача: комбайн + трактор з мульчувачем та валкоутворювачем + трактор з кормозбиральним причепом підбирачем.



SC4 (10-20 т/год)

ТЕО заготівлі ПП кукурудзи на зерно

Показники	SC1. Прямокутні тюки			SC2. Круглі тюки	SC3. Корм. комбайн	SC4. Причеп-підбирач
	2,5 т с.м./га	3,5 т с.м./га	5 т с.м./га	3,5 т с.м./га		
Обсяги заготівлі біомаси, т с.м./рік	3920	4802	5880	1551	5390	2924
Капітальні витрати, тис. євро	261,7	269,6	279,3	127,2	492,3	139,0
Операційні витрати, тис. євро/рік	80,5	90,7	103,3	33,0	116,5	55,9
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	60					
Ставка по кредиту, %	7					
Вартість ПП кукурудзи на зерно*, євро/т с.м.	8,0					
Собівартість тюків**, євро/т с.м.	27,2	24,5	22,3	29,5	28,6	25,2
Продажна ціна тюків біомаси***, євро/т с.м. з ПДВ	40					
Простий термін окупності, років	6,4	4,8	3,7	9,4	8,7	4,6
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%), років	8,7	5,8	4,2	>10	>10	5,3
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	12,3	22,5	35,1	1,7	3,3	26,0

* Вартість ПП кукурудзи на зерно визначається за вартістю еквівалентних доз мінеральних добрив для заміни поживних елементів у біомасі.

** Собівартість тюків включає прямі витрати на заготівлю біомаси та відрахування на амортизацію техніки.

*** Відповідає ціні тюків біомаси 25 євро/т без ПДВ для ПП кукурудзи на зерно вологістю W=25%.

Витрати на зберігання ПП кукурудзи на основному складі

Показники	Подрібнена ПП кукурудзи	Великі прямокутні тюки	Рулони
Оренда плата за землю та питомі витрати на підготовку складського майданчику, євро/(га·рік)	400		
Вартість агроволокна та інших матеріалів для однієї скирти (штабелю), євро/(скирта·рік)	273	427	427
Площа для пари скирт (штабелів) з врахуванням вимог правил пожежної безпеки, га	0,31	0,44	0,48
Маса ПП кукурудзи у парі скирт (штабелів), т с.м.	160	1103	484
Втрати сухої маси, %	9		
Витрати на зберігання ПП кукурудзи, євро/т с.м.	2,7	0,6	1,4
Витрати на вантажні операції, євро/т с.м.	4,2	2,5	3,6
Загальні витрати на зберігання на основному складі, євро/т с.м.	6,9	3,1	5,0



ТЕО брикетування ПП кукурудзи на зерно

Показники	Продуктивність лінії брикетування, т/год		
	0,5	2,0	4,0**
Річні обсяги виробництва брикетів, т/рік	3000	12000	24000
Капітальні витрати, тис. євро	147,5	598,8	1572,0
Операційні витрати, тис. євро/рік	193,4	677,5	1319,5
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	70		
Ставка по кредиту, %	7		
Строк кредитування, років	5		
Вартість тюків ПП кукурудзи на заводі, євро/т с.м. без ПДВ	36,4		
Собівартість брикетів, євро/т	70,6	62,7	63,2
Ціна реалізації брикетів з ПП кукурудзи, євро/т з ПДВ	90		
Чиста приведена вартість (NPV), тис. євро	39,2	677,9	1214,1
Простий термін окупності*, років	6,0	3,7	4,4
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)*, років	7,8	4,2	5,2
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	13,9	34,7	26,1

* У перший рік лінія брикетування виробляє 50% від річного обсягу брикетів.

** Лінія продуктивністю 4 т/год укомплектована німецькими прес-брикетувальниками RUF

ТЕО гранулювання ПП кукурудзи на зерно

Показники	Продуктивність лінії гранулювання, т/год		
	2,0	4,0	10,0
Річні обсяги виробництва пелет, т/рік	12000	24000	60000
Капітальні витрати, тис. євро	642,0	1223,5	3228,4
Операційні витрати, тис. євро/рік	766,1	1461,5	3920,9
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	70		
Ставка по кредиту, %	7		
Строк кредитування, років	5		
Вартість тюків ПП кукурудзи на заводі, євро/т с.м. без ПДВ	36,4		
Собівартість пелет, євро/т	70,5	67,3	64,1
Ціна реалізації пелет з ПП кукурудзи, євро/т з ПДВ	90,0		
Чиста приведена вартість (NPV), тис. євро	168,5	765,3	2899,2
Простий термін окупності*, років	6,0	4,8	4,1
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)*, років	7,8	5,7	4,8
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	13,8	22,6	29,1

* У перший рік лінія гранулювання виробляє 50% від річного обсягу пелет.

Висновки

1. Загальною тенденцією в Україні є зростання врожайності кукурудзи. Історичний рекорд 2018 р. **35,8 млн. т** кукурудзи на зерно при середній врожайності 78,4 ц/га. Окрім зернової частини утворюється величезна кількість побічної продукції (стебла, листя, стрижні, обгортки тощо), яку можна переробити у брикети та пелети.
2. Економічний енергетичний потенціал побічної продукції кукурудзи на зерно в Україні у 2018 р. становив 18,6 млн. т або **3,6 млн. т н.е.** Серед регіонів лідирували **Полтавська область (489,6 тис. т н.е.)**, Чернігівська область (382,2 тис. т н.е.) та Вінницька область (372,2 тис. т н.е.).
3. Виконано техніко-економічну оцінку чотирьох технологій збору побічної продукції кукурудзи на зерно у великих прямокутних тюках, рулонах, подрібненому вигляді із використанням кормозбирального комбайна та причепа підбирача. З них найбільш ефективним є збір ПП у великих прямокутних тюках (для сценарію збору 3,5 т с.м./га та продажу тюків за ціною **40 євро/т с.м. з ПДВ простий термін окупності 4,8 років, IRR 22,5%**). При транспортуванні біомаси на відстань до 20 км також можна використовувати технологію заготівлі на базі причепа-підбирача.
4. Витрати на зберігання ПП кукурудзи у великих прямокутних тюків під укривним матеріалом складають **3,1 євро/т с.м.**, що менше ніж зберігання рулонів (5,0 євро/т с.м.) та подрібненої маси насипом (6,9 євро/т с.м.).
5. За умови продажу брикетів та пелет з ПП кукурудзи за ціною **90 євро/т з ПДВ** для продуктивності брикетування **2,0 т/год простий термін окупності складає 3,7 років, IRR 34,7%**, а для виробництва пелет з продуктивністю **10,0 т/год простий термін окупності становить 4,1 років, IRR 29,1%**.

Дякую за увагу!

Семен Драгнєв

тел./факс: 044 332 9140

dragnev@uabio.org

<http://www.uabio.org>

