

Z O D Habry

Ověření účinnosti bakteriálního přípravku AZOTER B+F v porostu silážní kukuřice v půdně-klimatických podmínkách Českomoravské vrchoviny

Zpráva výsledků z provozního pokusu z roku 2021
z ošetření půdy pomocnou půdní látkou (PPL) ve formě koncentrovaného bakteriálního
přípravku AZOTER B (součástí přídatků bakterie *Pseudomonas putida*) se samostatnou přísadou
F (parazitickou houbou *Trichoderma atroviride*) pro aplikaci digestátu z bioplynové stanice
v pěstební technologii silážní kukuřice

* * *

Ing. Tomáš Javor, DiS., Ing. Lenka Beranová, DiS. a kol., AGROEKO Žamberk spol. s r.o.
Josef Hamsa, Martina Dirbáková a kol., ZOD Habry
Jiří Řezníček, AZOTER CZ s.r.o.

Charakteristika pokusu: Ověřování připraveného bakteriálního přípravku AZOTER B+F v dávce 10 l/ha (a přísady F v dávce 0,1 l/ha) bylo založeno v agrochemicky deficitních půdách Českomoravské vrchoviny, v katastrálním území Habry (o. Havlíčkův Brod). Na pokusném pozemku se vyskytovala reprezentativní středně těžká až lehčí půda s mírnou až střední příměsí skeletu. Vyskytující půdní typ byla kambizem mezobazická (okyselená) na rulách a jiných pevných horninách. Klimatický region se nachází mírně teplý, vlhký. Průměrná nadmořská výška pozemku činila 484 m. Předplodinou kukuřice byla obilnina a následná meziplodina. Porost meziplodiny byl ukončen na podzim zaorávkou společně s aplikovaným hnojem skotu v dávce 40 t/ha. Půda po aplikaci hnoje vykazovala na jaře příznivou slabě kyselou půdní reakci (pH), vyšší hladinu malého obsahu minerálního dusíku ($N_{min.}$), nižší hladinu vyhovujícího obsahu přístupného fosforu, dobrý obsah přístupného draslíku, snížený vyhovující obsah vápníku a vyhovující obsah přístupného hořčíku. Obsah mikroprvků byl v kategorii dobrý (železo -Fe a mangan -Mn zvýšený) a obsah rizikového hliníku (Al) byl velmi vysoký. To souviselo se sníženým obsahem přístupného fosforu, který byl hlavním deficitním prvkem půdy. Obsah dusíku ($N_{min.}$) byl malý až střední se základní potřebou hnojení dávkou 120 kg N/ha (tab. 1).

pH	$N_{min.}$	P	K	Ca	Mg
CaCl ₂	mg/kg zeminy				
6,01	10,79	60	235	1793	152
Slabě kyselá	Malý	Vyhovující	Dobry	Vyhovující	Vyhovující
	Al	Fe	Mn	Zn	Cu
	mg/kg zeminy				
	900	251	99	2,80	2,54
	Velmi vysoký	Dobry	Dobry	Dobry	Dobry

Tab. 1. Agrochemické vlastnosti půdy na pozemku před aplikací hnojiv a bakteriálního přípravku AZOTER B+F (Habry, 28. 4. 2021)

Varianty provozního pokusu byly založeny na standardním hnojení půdy dusíkem v minerálním koncentrovaném hnojivu močovina (46 % N) a na faremním hnojení organickým hnojivem s rychle uvolnitelným dusíkem, tj. digestátem z bioplynové stanice. Bylo ověřováno zvýšení hnojivého účinku poměrně organicky stabilizovaného digestátu bakteriálním přípravkem AZOTER B+F (pomocnou půdní látkou). Byla ověřována redukce dávek digestátu k porostu kukuřice pro zintenzivněné mikrobiální uvolňování dusíku, fosforu, draslíku a mikroprvků (zinku) původními půdními bakteriemi, které byli cíleně dodané koncentrovaným přípravkem AZOTER B+F:

Kontrola, **1) aplikace močoviny 200 kg/ha**

(bez ošetření půdy pro podporu uvolňování živin přípravkem AZOTER B+F, přívod 92 kg N/ha),

Varianta, **2) aplikace AZOTER B+F v dávce 10+0,1 l/ha a aplikace digestátu v dávce 30 t/ha**

(redukce přívodu dusíku = 12 %),

Varianta, **3) aplikace AZOTER B+F v dávce 10+0,1 l/ha a aplikace digestátu v dávce 20 t/ha**

(redukce dávky digestátu = 33 %, redukce přívodu dusíku = 41 %),

Varianta, **4) aplikace AZOTER B+F v dávce 10+0,1 l/ha a aplikace digestátu v dávce 12 t/ha**

(redukce dávky digestátu = 60 %, redukce přívodu dusíku = 65 %).

Dodání dusíku pro porost kukuřice bylo realizováno standardní aplikací močoviny (46 % N) před setím v dávce 200 kg/ha (92 kg N/ha). Dalším zdrojem dusíku bylo použití digestátu z bioplynové stanice po separaci. Separovaný digestát (fugát) byl aplikován ve standardní dávce 30 t/ha (81 kg N/ha), v redukované dávce o 33 % (20 t/ha = 54 kg N/ha) a o 60 % (12 t/ha = 32 kg N/ha). Bezprostředně před aplikací digestátu proběhla aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B v dávce 10 l/ha obohaceného v jíše F složkou v dávce 0,1 l/ha. Aplikace bakteriálního přípravku byla provedena běžným pozemním postřikovačem se 400 l vody/ha při dodržení maximálního pracovního tlaku 2,5 bar. Aplikovaný bakteriální přípravek AZOTER B+F byl neprodleně po aplikaci zapraven bránosmykem. Po následné aplikaci digestátu (a po aplikaci močoviny na kontrole) byla těsně před setím provedena doplňující aplikace dusíku a síry v jednotné dávce síranu amonném (Lovogran).

Z aplikovaného celkového dusíku digestátem činilo 41 % dusíku v přímo dostupné (snadno nitrifikovatelné) amonné (N-NH₄⁺) formě. Zbylá část dusíku v digestátu byla vázána v organických sloučeninách. Jejich uvolnění bylo cíleně podpořeno ošetřením půdy přípravkem AZOTER B obsahující kromě jiných aktivní saprotrofní půdní bakterii *Pseudomonas putida*, která zvyšuje uvolnitelnost živin z půdní zásoby nebo z aplikovaných organických (digestát) a statkových hnojiv (kejda). Bakterie je původní složkou půdního edafonu a její cílené dodání do půdy obnovuje její vitalitu a početnost, a tím se zvyšuje po rozkladu odumřelé organické hmoty dostupnost dusíku, fosforu, draslíku a mikroelementů (Zn) pro kořenovou zónu rostlin. Přídavek složky F představuje přidání parazitické houby *Trichoderma atroviride*, která ničí spóry hub rodu *Fusarium* (dále omezuje *Pythium*, *Rhizoctonia* a *Botrytis*) a posiluje účinek přípravku v rozkladu hemicelulóz a celulóz obsažených v posklizňových zbytcích a v slamnatých hnojích (tab. 2).

Ukazatel:	Sušina	Organ. látky	N _{tot.}	N-NH ₄	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	pH	Aplikace N _{celkem} (digestát + Lovogran)
Obsah (%):	3,70	2,78	0,27	0,11	0,083	0,25	8,26	-
Vnos dávkou	t/ha		kg/ha				-	-
30 t/ha	1,11	0,83	81	33	25	75	-	165
20 t/ha	0,74	0,56	54	22	17	50	-	138
12 t/ha	0,44	0,33	32	13	10	30	-	116

Tab. 2. Složení tekutého organického hnojiva digestátu z bioplynové stanice při aplikaci před setím po předchozí aplikaci bakteriálního přípravku AZOTER B+F a vnos živin aplikovanou dávkou a celková dávka dusíku pro porost (Habry, 28. 4. 2021)

Výsledky s aplikací bakteriálního přípravku AZOTER B+F v technologii hnojení digestátem a účinky na zásobenost půdy přístupnými živinami, výživný stav rostlin, výnos a kvalitu produkce silážní kukuřice:

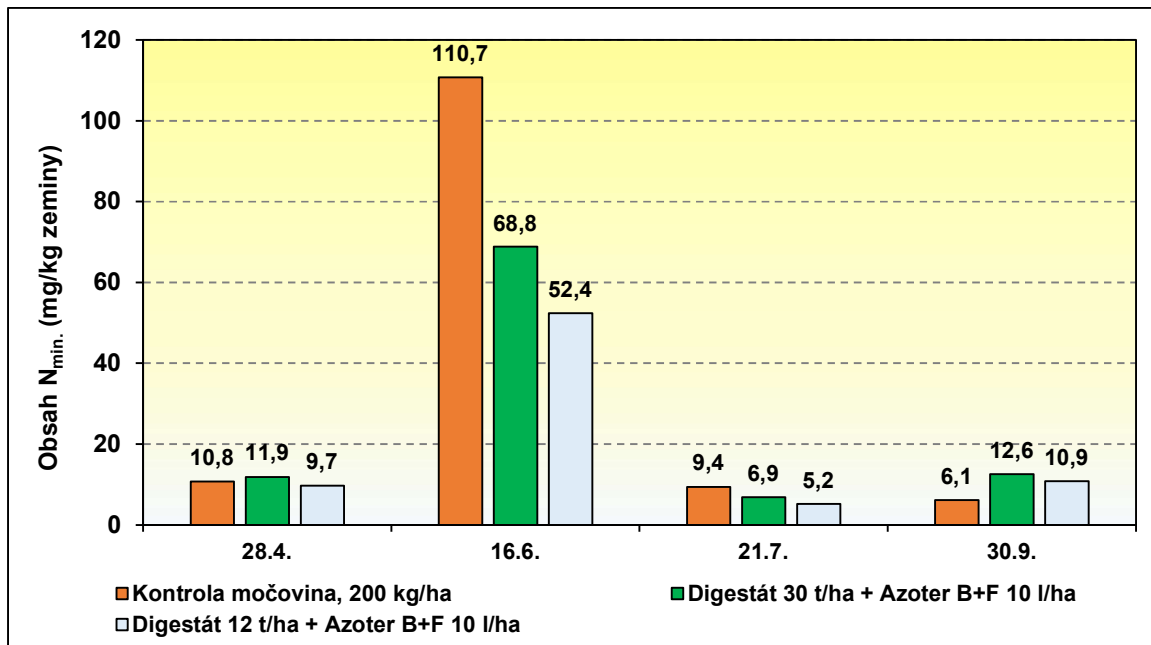
Dynamika obsahu minerálních forem dusíku ($N_{\min.}$) po aplikaci standardního dusíkatého hnojiva močoviny ukázala na významné zvýšení půdní zásoby **34. den** po aplikaci (16. 6.). V půdě po aplikaci močoviny byla zjištěna extrémně dobrá zásoba $N_{\min.}$ v půdě (111 mg/kg). Po aplikaci organického hnojiva digestátu v plné dávce 30 t/ha byla zjištěna zásoba $N_{\min.}$ v půdě o 42 mg/kg nižší než po standardním hnojení močovinou. Po aplikaci redukované dávky digestátu 12 t/ha byl zjištěn o 58 mg/kg nižší obsah $N_{\min.}$ v půdě než po močovně a o 16 mg/kg než po plné dávce digestátu 30 t/ha. Byla patrná, i přes aplikaci přípravku AZOTER B+F pro podporu mikrobiální činnosti a uvolňování dusíku, menší uvolnitelnost přijatelného $N_{\min.}$ do půdy z digestátu a na druhé straně pozitivní uchování dodaného dusíku **ve stabilnějších organických vazbách pro pozdější uvolnění během dlouhé vegetace kukuřice**. Podle diagnostického posouzení byla zásobenost půdy $N_{\min.}$ pro porost kukuřice s vyvinutým 4. – 5. listem zcela dostačující (velmi dobrá zásoba), a to již po významně redukované dávce digestátu na 12 t/ha. Půda tohoto času vykazovala nízký obsah vláhy a vytvořený půdní škraloup po intenzivních květnových atmosférických srážkách, což mohlo omezovat mikrobiální mineralizační aktivitu. Půdní podmínky však vyhovovaly následnému procesu změny dusíku v půdě, a to intenzivní nitrifikaci a uvolněné nitráty ($N-NO_3^-$) tvořily hlavní podíl minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě. Mikrobiální uvolnitelnost dusíku v půdě byla významně rychlejší než toho času přísuškem omezený příjem dusíku porosty.

Po uplynutí **69 dní** od aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a předseťové dávky hnojiv byly zjištěny výrazné poklesy obsahu $N_{\min.}$ v půdě do hladiny malé zásoby (21. 7.). Po aplikaci dusíku ve standardním hnojivu byl zjištěn obsah $N_{\min.}$ 9 mg/kg (malá zásoba). Po aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha byl zjištěn obsah $N_{\min.}$ o 2,5 mg/kg nižší (malá zásoba) a po dávce digestátu 12 t/ha o 4,2 mg/kg nižší (velmi malá až malá zásoba). Zásoba $N_{\min.}$ na všech variantách byla malá a toho času již limitní pro další výživu porostů. Další výživu porostů zajišťoval pokračující intenzivní růst kořenů do hlubších horizontů půdního profilu, kde se zpravidla nachází další zdroj dusík (např. z proplavení nitrátů, $N-NO_3^-$).

Na závěr vegetace (30. 9.) po uplynutí **140 dní** od aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a hnojiv přetrval pokles obsahů $N_{\min.}$ v půdě z období intenzivního růstu porostů v červenci. Bylo však patrné, že zásoba $N_{\min.}$ v půdě po aplikaci močoviny, bez podpory uvolňování dusíku, byla nejnižší **6,1 mg/kg** (malá zásoba). Po aplikaci plné dávky digestátu 30 t/ha byl zjištěn obsah $N_{\min.}$ **12,6 mg/kg** (střední zásoba) a po redukované dávce digestátu na 12 t/ha byl nalezen obsah **10,9 mg/kg** (malá až střední zásoba). Bylo zřejmé, že zásoba $N_{\min.}$ v půdě po hnojení digestátem s podpořeným uvolňování živin přípravkem AZOTER B+F byla na závěr vegetace zvýšena a mohla podporovat využití dusíku pro tvorbu zrna. Po standardním hnojení močovinou byla zásoba $N_{\min.}$ již půdnímu reziduu (nevyužitelném zbytku) s minimálním pokrytím závěrečné potřeby porostu (graf 1).



Urovnaný pozemek pro aplikaci bakteriálního přípravku AZOTER B+F před následnou aplikací digestátu (Habry, 28. 4. 2021)



Graf 1. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na dynamiku obsahu minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě (Habry, aplikace 12.-13. 5. 2021)

Půda ošetřená bakteriálním přípravkem AZOTER B+F vykazovala po aplikaci digestátu na závěr vegetace kukuřice zlepšení agrochemických vlastností pro cílenou mikrobiální podporu uvolňování živin z hůře dostupných vazeb. Zejména po kombinaci aplikace přípravku AZOTER B+F s plnou dávkou digestátu 30 t/ha bylo zjištěno zvýšení obsahu přístupného fosforu o 14 mg/kg (o 77 %), draslíku o 15 mg/kg (o 8 %), vápníku o 108 mg/kg (o 7 %), hořčíku o 24 mg/kg (o 20 %), oproti standardnímu dusíkatému hnojení močovinou. Půdní reakce (pH) se zlepšila minimálně (o 0,2) po aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha s přípravkem AZOTER B+F v porovnání s běžným hnojením močovinou. Půdní reakce poklesla po všech variantách hnojení po pěstování kukuřice o pH 0,5 – 0,7. V souvislosti se zpřístupněním makroprvků bylo zjištěno mikrobiální uvolnění **mikroprvků** po aplikaci digestátu v plné dávce 30 t/ha. Obsah přístupného železa (Fe) byl zvýšen o 16 mg/kg (o 6 %) a zinku (Zn) o 0,19 mg/kg (o 6 %). Došlo však také ke zvýšení obsahu přístupného hliníku (Al) o 54 mg/kg (o 6 %), který může snížit následnou mobilitu (dostupnost) uvolněného fosforu v půdě.

Aplikace digestátu v redukované dávce 12 t/ha do půdy s bakteriálně podpořeným uvolňováním z hůře dostupných forem dusíku a mikroprvků přípravkem AZOTER B+F se projevila zvýšením obsahu přístupného fosforu o 2 mg/kg (o 11 %) a draslíku o 6 mg/kg (o 3 %). Zpřístupnění vápníku a hořčíku nebylo v půdě prokázáno po redukované dávce digestátu na 12 t/ha. Obsah vápníku (-8 %) a hořčíku (-14 %) v půdě byl nižší než po standardním hnojení močovinou. Pokles těchto živin byl pravděpodobně způsoben vyšším nárůstem nadzemní biomasy (odběrem prvků) pro lepší dostupnost hlavních prvků výživy kukuřice (fosforu, dusíku a zinku). Uvolnění železa v půdě po redukované dávce digestátu na 12 t/ha bylo zjištěno a obsah přístupných forem Fe stoupl o 25 mg/kg (o 9 %). Obsah přístupného zinku (Zn) po aplikaci digestátu v podstatně redukované dávce na 12 t/ha rovněž vykazoval přírůstek o 0,29 mg/kg (o 9 %) oproti obsahu po standardním hnojení močovinou. Zpřístupnění hliníku (Al) v půdě bylo po redukované dávce digestátu menší, tj. o 13 mg/kg (o 1 %) oproti standardní aplikaci močoviny.

Je patrné, že vnos hliníku do půdy stoupl s intenzitou dávky digestátu (zejména po 30 t/ha). Vyšší obsah zpřístupněného železa a zinku v půdě naopak souvisel s nižší intenzitou dávky digestátu (12 t/ha), v důsledku lze přisuzovat vyšší účinek zpřístupnění těchto prvků cíleně aplikovanou bakterií *Pseudomonas putida* v přípravku AZOTER B+F. Zpřístupnění základních

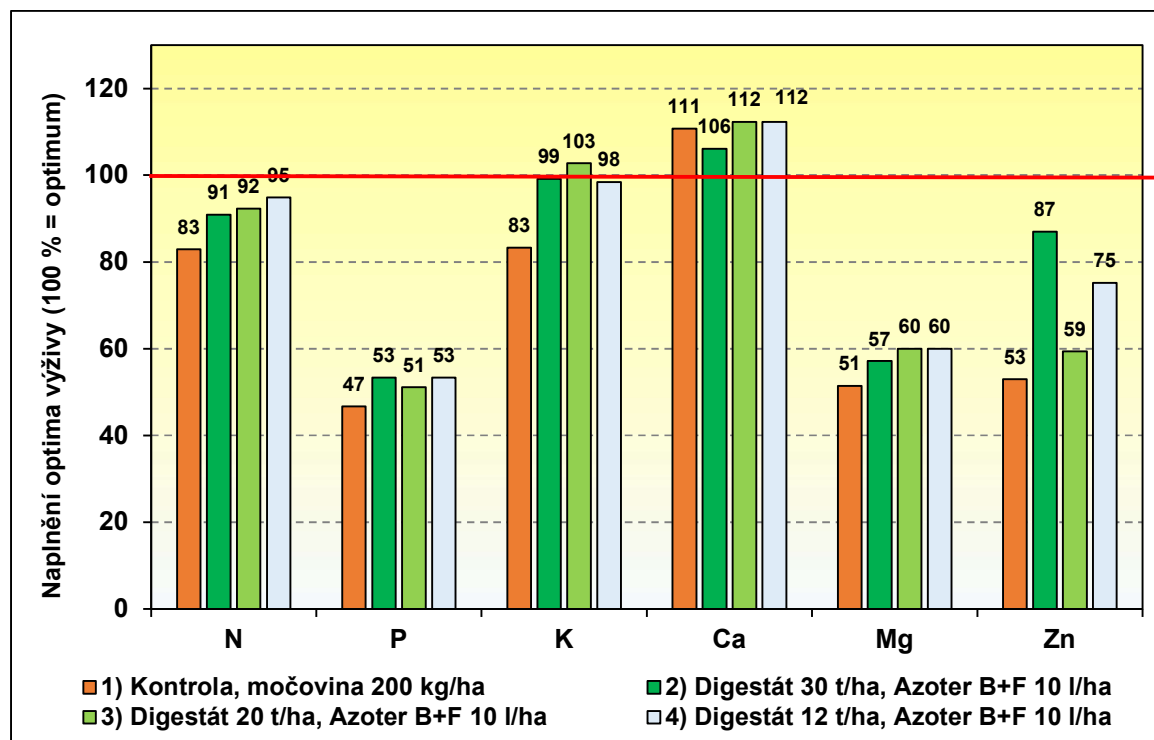
makroprvků v půdě v době sklizně kukuřice bylo vyšší po větší dávce digestátu (30 t/ha) zejména u fosforu a hořčíku. Zde se dostavil převážně účinek vlastní dávky digestátu na zvýšení zásobenosti než vlastní podpůrný účinek bakterií ve zpřístupňování fosforu a hořčíku z hůře dostupných půdních zásob (tab. 3).

Varianta	pH/ CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Zn
		mg/kg zeminy (výluh podle Mehlich III)						
Kontrola, močovina 200 kg/ha	5,31	18	194	1455	121	284	932	3,32
<i>Hodnocení:</i>	<i>Kyselá</i>	<i>Velmi nízký</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Vyhovující</i>	<i>Vyhovující</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Velmi vysoký</i>	<i>Dobrý</i>
Digestát 30 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	5,52	32	209	1563	145	300	986	3,51
<i>Hodnocení:</i>	<i>Kyselá</i>	<i>Nízký</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Vyhovující</i>	<i>Vyhovující</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Velmi vysoký</i>	<i>Dobrý</i>
Digestát 12 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	5,34	20	200	1339	104	309	945	3,61
<i>Hodnocení:</i>	<i>Kyselá</i>	<i>Velmi nízký</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Vyhovující</i>	<i>Nízký</i>	<i>Dobrý</i>	<i>Velmi vysoký</i>	<i>Dobrý</i>
Změna močovina / digestát 30 t/ha:		177 %	108 %	107 %	120 %	106 %	106 %	106 %
Změna močovina / digestát 12 t/ha:		111 %	103 %	92 %	86 %	109 %	101 %	109 %

Tab. 3. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na půdní reakci (pH) a obsah přístupných živin v půdě (Habry, před sklizní 30. 9. 2021)

Výživa rostlin kukuřice během vegetace byla významně ovlivněna druhem aplikovaných hnojiv a z části pomocnou půdní látkou AZOTER B+F. **V období vzcházení porostu ve vyvinutém 4.-5. listu (BBCH 14 – 15) bylo zjištěno zlepšení výživného stavu rostlin základními živinami po ošetření půdy podpůrným bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po následné aplikaci organického hnojiva digestátu v plné (30 t/ha) i redukované dávce (20 a 12 t/ha).** Výživný stav rostlin **dušíkem (N)** byl zjištěn po aplikaci močoviny na úrovni středního deficitu (83 % optima), po aplikaci digestátu v plné dávce 30 t/ha a ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F na úrovni mírného deficitu (91 % optima), po aplikaci digestátu v dávce redukované 20 t/ha a ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F na úrovni mírného deficitu (92 % optima) a po aplikaci výrazně redukované dávky digestátu na 12 t/ha v kombinaci s ošetřením půdy přípravkem AZOTER B+F na úrovni zcela mírného deficitu (95 % optima). Výživa rostlin **fosforem (P)** po standardním hnojením močovinou byla zjištěna na úrovni velmi hlubokého deficitu (47 % optima), po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F v kombinaci s dávkou digestátu 30 t/ha na úrovni hlubokého deficitu (53 % optima), v kombinaci s dávkou 20 t/ha na úrovni hlubokého deficitu (51 % optima) a v kombinaci s podstatně redukovanou dávkou digestátu 12 t/ha na úrovni hlubokého deficitu (53 % optima). Výživa rostlin fosforem byla hlavním limitujícím (deficitním) prvkem v době vzcházení porostů (symptomy uvedeny příloze). Výživný stav rostlin **draslíkem (K)** byl zjištěn po močovině na úrovni středního deficitu (83 % optima), po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha na úrovni optima (99 % optima), po aplikaci digestátu v dávce 20 t/ha nad optimem (103 % optima) a po nejnižší dávce digestátu 12 t/ha na úrovni optima (98 % optima). Výživa rostlin **vápníkem (Ca)** byla nalezena v optimu až v mírném nadbytku (106-112 % optima) u všech variant hnojení. Po aplikaci plné dávky digestátu 30 t/ha byla zjištěna výživa rostlin vápníkem nejnižší (avšak v optimu). Výživný stav rostlin **hořčíkem (Mg)** byl shledán druhým limitujícím prvkem výživy rostlin. Po aplikaci močoviny byla výživa hořčíkem na hranici velmi hlubokého a hlubokého deficitu (51 % optima), po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci plné dávky digestátu 30 t/ha byla výživa rostlin hořčíkem

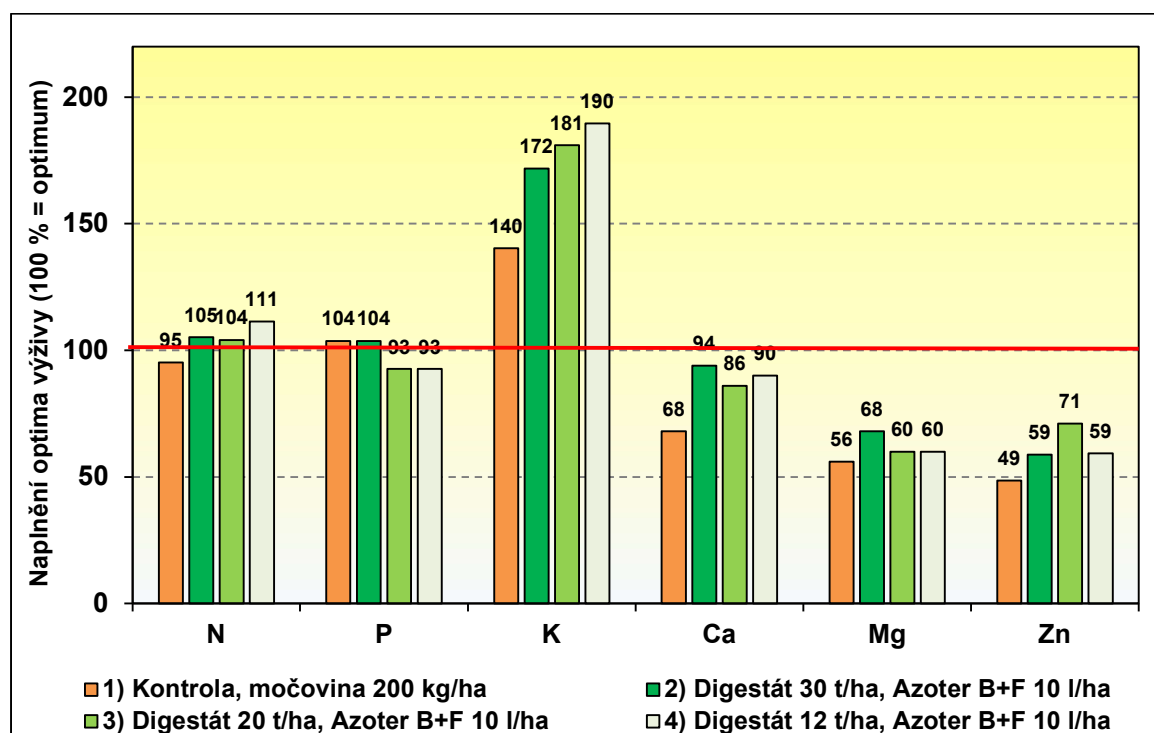
ve hlubokém deficitu (57 % optima). Výživa rostlin hořčíkem po redukováných dávkách digestátu 20 a 12 t/ha byla rovněž na úrovni hlubokého deficitu (shodně 60 % optima). Výživa rostlin **zinkem (Zn)** byla zjištěna ve hlubokém deficitu po aplikaci močoviny (53 % optima), po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a plnou dávkou digestátu 30 t/ha byla zjištěna výživa zinkem na úrovni středního deficitu (83 % optima), po aplikaci přípravku AZOTER B+F a redukované dávky digestátu 20 t/ha na úrovni hlubokého deficitu (59 % optima) a po aplikaci přípravku AZOTER B+F a vysoce redukované dávky digestátu 12 t/ha na úrovni středního deficitu (75 % optima). Výživa rostlin v době vzházení byla významně lepší u všech dávek digestátu s patrnou podporou mikrobiálního uvolňování živin předem aplikovaným přípravkem AZOTER B+F (graf 2).



Graf 2. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na výživný stav rostlin kukuřice v období zapojování porostu, vyvinutého 4.-5. listu (Habry, 16. 6. 2021)

V intenzivním růstu porostů kukuřice (vyvinuté 4. – 6. kolénka, BBCH 34 – 36) přetrvával lepší výživný stav rostlin kukuřice po mikrobiálním ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu pro komplexně podpořenou dostupnost živin. Výživa rostlin **dusíkem (N)** po aplikaci standardního hnojiva močovina byla zjištěna na úrovni mírného deficitu (95 % optima), po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha na úrovni mírného nadbytku (105 % optima), po aplikaci redukované dávky digestátu 20 t/ha na úrovni mírného nadbytku (104 % optima) a po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci podstatně redukované dávky digestátu 12 t/ha na úrovni nadbytku (111 % optima). Výživný stav rostlin **fosforem (P)** byl zjištěn po aplikaci močoviny na úrovni optima (104 % optima). Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a následně aplikaci dávky digestátu 30 t/ha byla výživa rostlin na úrovni optima (104 % optima), po dávce 20 t/ha a po dávce 12 t/ha shodně na úrovni mírného deficitu (93 % optima). Výživný stav rostlin **draslíkem (K)** po aplikaci močoviny byl zjištěn na velmi vysoké úrovni luxusního příjmu (nadbytku = 140 % optima). Po ošetření půdy podpurným bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a následně aplikaci digestátu v dávce 30 t, 20 t a 12 t/ha vykazovala výživa rostlin draslíkem odstupňovaně vysoký až velmi vysoký nadbytek (172, 181 a 190 % optima). Bylo pravděpodobné, že došlo k vyššímu

zpřístupnění draslíku po nižších dávkách digestátu pro rostliny. Výživný stav rostlin **vápníkem (Ca)** byl zjištěn na úrovni hlubokého deficitu po aplikaci močoviny (68 % optima). Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha byla zjištěna výživa rostlin vápníkem na úrovni mírného deficitu (94 % optima), po aplikaci digestátu v dávce 20 t/ha na úrovni středního deficitu (86 % optima) a po aplikaci digestátu v podstatně redukované dávce 12 t/ha na úrovni mírného deficitu (90 % optima). Po aplikaci močoviny byla zjištěna hluboce deficitní výživa rostlin **hořčíkem Mg** (56 % optima). Výživa rostlin hořčíkem po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v plné dávce 30 t/ha byla zjištěna na úrovni lepšího hlubokého deficitu (68 % optima), po aplikaci digestátu v redukované dávce 20 t/ha a v dávce 12 t/ha byla výživa hořčíkem shodně v hlubokém deficitu (60 % optima). Výživný stav rostlin **zinkem (Zn)** byla hlavním deficitním prvkem výživy v intenzivním růstu kukuřice. Po aplikaci močoviny byla zjištěna výživa rostlin zinkem na úrovni velmi hlubokého deficitu (49 % optima). Po ošetření půdy podpurným bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po následné aplikaci digestátu v plné dávce 30 t/ha byla zjištěna výživa rostlina ve hlubokém deficitu (59 % optima), po dávce digestátu 20 t/ha na úrovni středního deficitu (71 % optima) a po aplikaci podstatně redukované dávky digestátu na 12 t/ha na úrovni hlubokého deficitu (59 % optima). Aplikace podpurného mikrobiálního přípravku AZOTER B+F a následného komplexního hnojiva digestátu se podílela na lepší výživě rostlin v intenzivním růstu (graf 3).

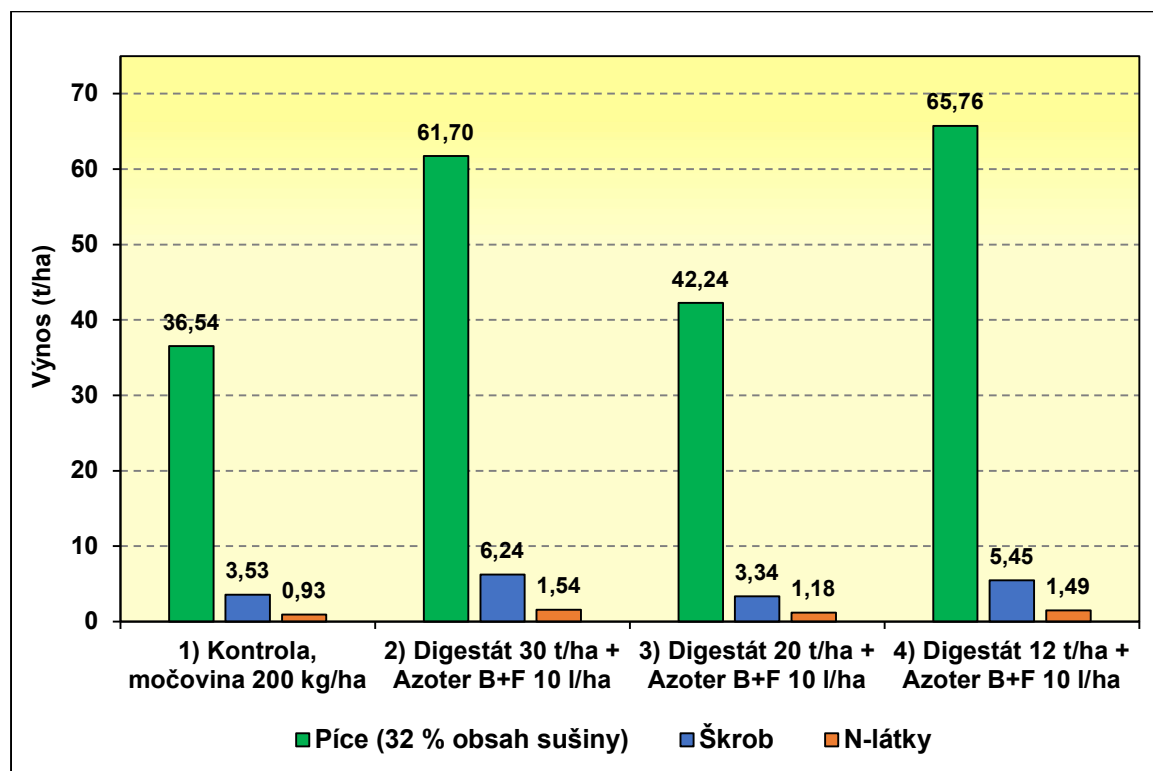


Graf 3. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na výživný stav rostlin kukuřice v období intenzivního růstu, vyvinutého 4.-6. kolénka (Habry, 21. 7. 2021)

Leptší výživný stav porostů kukuřice během vegetace po biologicky podpořené uvolnitelnosti živin v půdě po aplikaci bakteriálního přípravku AZOTER B+F se pozitivně společně s aplikací digestátu projeví ve výnosu a kvalitě sklizené píce. Po standardním dusíkatém hnojení močovinou před setím byl zjištěn výnos čerstvé píce 36,5 t/ha. Po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a následné aplikaci plné dávky digestátu 30 t/ha bylo dosaženo významně vyššího výnosu píce 61,7 t/ha. Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a po aplikaci redukované dávky digestátu 20 t/ha byl zjištěn výnos píce 42,2 t/ha. Po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po podstatně redukované dávce

digestátu na 12 t/ha byl zjištěn výnos čerstvé píce 65,8 t/ha. Výnos hlavní nutriční složky píce, **škrobu**, byl zjištěn po aplikaci standardního hnojiva močovina více než 3,5 t/ha. Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha stoupl výnos škrobu na více než 6,2 t/ha. Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci redukované dávky digestátu 20 t/ha klesl výnos škrobu na téměř 3,3 t/ha. Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci podstatně redukované dávky digestátu na 12 t/ha stoupl výnos škrobu na 5,5 t/ha. Výnos **dusíkatých látek** (N-látek) v píci byl zjištěn po hnojení močovinou 0,9 t/ha. Po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po následné aplikaci digestátu v dávce plné 30 t/ha stoupl výnos N-látek na více než 1,5 t/ha, po redukované dávce digestátu 20 t/ha dosáhl výnos N-látek necelých 1,2 t/ha a po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikaci digestátu v dávce 12 t/ha stoupl výnos N-látek na téměř 1,5 t/ha.

Významně menší změna ve výnosu píce po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a aplikaci střední dávky digestátu 20 t/ha byla zatížena defektem pokusu (poškozením porostu zvěří). Lze předpokládat, že dosažitelný výnos píce by dosáhl po dávce digestátu 20 t/ha na hodnotu výnosu mezi dávkou digestátu 30 a 12 t/ha. **Redukovaná dávka digestátu na 12 t/ha** s použitím podpůrného přípravku AZOTER B+F na uvolňování živin z digestátu a z půdní zásoby se projevila srovnatelným nárůstem výnosu s plnou dávkou digestátu 30 t/ha, oproti standardnímu hnojení močovinou. Je tedy zřejmé, že porostům kukuřice vystačila v technologii mikrobiálního oživení půdy přípravkem AZOTER B+F o 60 % nižší dávka organického hnojiva digestátu pro tvorbu výnosu píce i výnosu základních nutričních složek pro krmivářské receptury (graf 4).



Graf 4. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na výnos čerstvé píce, škrobu a N-látek v píci (Habry, 16.-17. 10. 2021)

Ošetření a hnojení půdy před setím pro kukuřici	Sklizená plocha	Dávka hnojiva	Redukce dávky N	Výnos píce	Výnos škrobu	Výnos N-látek
1) Kontrola, močovina 200 kg/ha	6,67 ha	92 kg N/ha	--	100 %	100 %	100 %
2) Digestát 30 t/ha + AZOTER B+F 10 l/ha	4,77 ha	81 kg N/ha	12 %	169 %	177 %	166 %
3) Digestát 20 t/ha + AZOTER B+F 10 l/ha	4,67 ha	54 kg N/ha	41 %	116 %	95 %	127 %
4) Digestát 12 t/ha + AZOTER B+F 10 l/ha	4,10 ha	32 kg N/ha	65 %	180 %	154 %	160 %

Tvorba výnosu píce byla analyzována 16 dní před sklizní porostu. Rostliny po aplikaci organického hnojiva digestátu s podpořeným mikrobiálním uvolňováním živin v půdě předchozím ošetřením půdy přípravkem AZOTER B+F byly delší než rostliny po standardním dusíkatém hnojení močovinou. Aplikované redukované dávky digestátu na 20 a 12 t/ha po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F se projeví mírně vyšším nasazením ozrněných palic oproti plné dávce digestátu 30 t/ha a oproti hnojení močovinou. Naopak nejvyšší průměrná hmotnost palic byla zjištěna po aplikaci standardního hnojiva močoviny. S tím souvisela také struktura ozrnění palic, která vykazovala po základním hnojení močovinou nejvyšší počet 16 ks založených řad se zrn. Počet zrn v řadách (s tím související délka palic) byl ale nejvyšší 34 ks po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a následné aplikaci digestátu v plné dávce 30 t/ha a v nejnižší dávce 12 t/ha. Hmotnost tisíce zrn (HTZ) byla nejvyšší 395 g po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F s následnou aplikaci digestátu v dávce 30 t/ha. Druhá nejvyšší HTZ 362 g byla zaznamenána po standardním hnojení močovinou.

Je patrné, že mikrobiální ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a aplikace organického hnojiva digestátu pro podporu uvolnění živin ovlivnilo na závěr intenzivního růstu prodloužení délky rostlin. Zjištěné vyšší závěrečné zásobení půdy a rostlin dusíkem (živinami) podpořilo vytvoření většího počtu palic na rostlinách, které však vykazovaly v průměru menší počet zrnových řad, ale větší počet zrn v řadách. Větší HTZ se prokázala jen po nejvyšší dávce digestátu, která se však nepodílela na nejvyšším dosaženém výnosu píce. Hlavním prvkem tvorby výnosu píce po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po aplikaci následného digestátu z bioplynové stanice byla větší délka rostlin a potenciál pro vyšší nasazení ozrněných palic na rostlinách (tab. 4).

Varianta	Výnosotvorný prvek					
	Délka rostlin (cm)	Palice (ks/rostlina)	Hmotnost palic na rostlině (g/ks)	Počet řad (ks/palic)	Počet zrn (ks/řada)	HTZ (g)
1) Kontrola, močovina 200 kg/ha	327	1,5	329	16,0	31,7	362
2) Digestát 30 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	350	1,4	291	13,3	34,0	395
3) Digestát 20 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	346	1,8	252	13,0	30,5	321
4) Digestát 12 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	331	1,6	290	14,0	34,0	347

Tab. 4. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F při aplikaci digestátu z bioplynové stanice před setím na tvorbu výnosu kukuřice (Habry)

Kvalita kukuřičné píce byla pro srážkově nadprůměrné léto, pro závěrečné uvolnění živin po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po aplikaci digestátu příznivě ovlivněna. Porosty byly sklizeny později, v závěru sklizní. Standardní hnojení půdy močovinou se projevilo v porostu dřívějším dozráváním (ztrátou vody) ve sklizni a v důsledku vyšším obsahem sušiny 37,7 %, který již značil zvýšené riziko pro silážování (5,7 % nad optimem). Po dusíkatém hnojení močovinou byla v půdě nalezena již malá zásoba dusíku ($N_{min.}$) a porost rychleji přecházel k ukončování vegetace. Po aplikaci digestátu s předchozí mikrobiální podporou (AZOTER B+F) uvolňování dusíku v půdě byly zjištěny nižší obsahy sušiny v píce, které byly příznivější pro silážování. Po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po aplikaci plné dávky digestátu 30 t/ha byl zjištěn obsah sušiny v píce 36,2 % (4,2 % nad optimem), po aplikaci redukované dávky digestátu 20 t/ha poklesl obsah o 5,7 % (1,6 % pod optimem) a po aplikaci podstatně redukované dávky digestátu 12 t/ha obsah sušiny poklesl o necelé 2 % (2,3 % nad optimem). Porosty po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F a po následné aplikaci redukovaných dávek digestátu vykazovaly nižší obsah škrobu, což mohlo souviset s podpurným účinkem závěrečného uvolňování dusíku v půdě. Porosty po redukovaných dávkách digestátu vykazovaly oddálení dozrávání a úbytku vody v rostlinách po

zlepšenou výživu dusíkem. Oddálením sklizně porostů by bývalo možné dokončit asimilaci a transformaci jednoduchých cukrů v rostlině na škrob v zrně. V praktickém technologickém dopadu je zřejmé, že pro ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F před aplikací digestátu, je efektivní dodržet včasné založení porostu kukuřice. Obsah dusíkatých látek (N-látek) v píce byl minimálně odlišný mezi variantami ošetření a hnojení půdy pro založení porostů (tab. 5).

Varianta	Obsah v píce (%)		
	Sušina	Škrob (v sušině)	N-látky (v sušině)
1) Kontrola, močovina 200 kg/ha	37,68	30,22	7,94
2) Digestát 30 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	36,21	31,59	7,82
3) Digestát 20 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	30,42	24,69	8,76
4) Digestát 12 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	34,25	25,90	7,06

Tab. 5. Vliv aplikace bakteriálního přípravku AZOTER B+F a aplikace digestátu z bioplynové stanice před setím na tvorbu výnosu kukuřice (Habry)

Ekonomické zhodnocení: Aplikace širokého spektra původních půdních bakterií s posíleným obsahem mineralizační bakterie *Pseudomonas putida* a fyto-sanitární parazitické houby *Trichoderma atroviride* komplexně v přípravku AZOTER B+F, v době před následnou aplikací digestátu z bioplynové stanice, se pozitivně projevil v ekonomice pěstebního postupu silážní kukuřice. Po ošetření půdy koncentrovaným bakteriálním přípravkem AZOTER B+F s okamžitým zapravením do půdy a po následné aplikaci **redukované dávky dusíku** v digestátu z bioplynové stanice před setím kukuřice bylo **dosážno ekonomického a ekologického přínosu:**

Varianta hnojení, + podpora uvolňování živin v půdě	Redukce dávky N (100 % = kontrola)	Vnitropodnikový výnos (běžné ocenění)	Náklad na hnojivo (původní ceny)	Náklad na aplikaci (běžné ocenění)	Příspěvek na úhradu ostatních nákladů
1) Kontrola, močovina 200 kg/ha, bez podpory	--	18.270 Kč/ha	1800 Kč/ha	350 Kč/ha	16.120 Kč/ha
2) Digestát 30 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	12 % (11 kg N/ha)	30.850 Kč/ha	1350 + 900 Kč/ha	2800 + 200 Kč/ha	25.600 Kč/ha
3) Digestát 20 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	41 % (38 kg N/ha)	21.120 Kč/ha	900 + 900 Kč/ha	2200 + 200 Kč/ha	16.920 Kč/ha
4) Digestát 12 t/ha + Azoter B+F 10 l/ha	65 % (60 kg N/ha)	32.880 Kč/ha	540 + 900 Kč/ha	1600 + 200 Kč/ha	29.640 Kč/ha

Pozn.: Kalkulace zahrnuje běžné ocenění, tj. vnitropodnikový produkt: 1 t kukuřičné siláže = 500 Kč, digestát (1 t = 45 Kč) = 16,7 Kč/kg N, vnitropodnikové ocenění strojových prací – aplikací rozmetadlem průmyslových hnojiv (močovina), postřikovačem (přípravek AZOTER B+F), aplikátorem tekutých organických hnojiv. Původní ceny nakoupení dusíku v močovině (9000 Kč/t) = 19,6 Kč/kg N.

➔ Závěr

Standardní hnojení půdy minerálním hnojivem močovina pro založení porostů kukuřice prokázalo pronikavý účinek na předzásobení půdy minerálním dusíkem ($N_{min.}$) po vzejití porostu. Ve výživě rostlin se ale již v období vyvinutého 4. – 5. listu významně **lépe projevilo hnojení digestátem z bioplynové stanice do půdy s mikrobiálně podpořeným uvolňování živin přípravkem AZOTER B+F, který obsahuje širší spektrum hospodářsky prospěšných bakterií. Lepší výživný stav porostů po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a po aplikaci digestátu přetrval nadále v intenzivním růstu (ve vyvinutém 4. – 6. kolénku). Podpořený rozklad organické hmoty a z hlediska dostupnosti živin pro rostliny vyšší**

mineralizační aktivita bakterií intenzivněji zásobovala rostliny živinami. Podpořené uvolňování dusíku z digestátu a z organických vazeb půdní zásoby přípravkem AZOTER B+F se podílelo na závěr vegetace na zvýšení obsahu $N_{\min.}$ v půdě. Vyšší zásoba $N_{\min.}$ v půdě po mikrobiálním posílení hnojivé účinnosti digestátu **podpořila tvorbu výnosu větší délkou rostlin, mírně vyšším počtem ozrněných palic, větším počtem zrn v řadách palic a po nejvyšší dávce digestátu 30 t/ha vyšší hmotností tisíce zrn (HTZ).** Aplikovaná dávka digestátu 30 t/ha po ošetření půdy bakteriálním přípravkem AZOTER B+F v dávce 10 l/ha s přídatkem samostatné přísady F v dávce 0,1 l/ha vykazovala největší přínos z hlediska výnosu, kvality píce a generované úspory dusíku, v porovnání se standardním dusíkatým hnojením ve hnojení močovina.

Po ošetření půdy přípravkem AZOTER B+F a následnou aplikací digestátu byla zvýšena úrodnost půdy. Opatření zvýšilo **zásobenost půdy přístupným fosforem, draslíkem a z mikroprvků přístupným zinkem a železem pro následnou plodinu.**

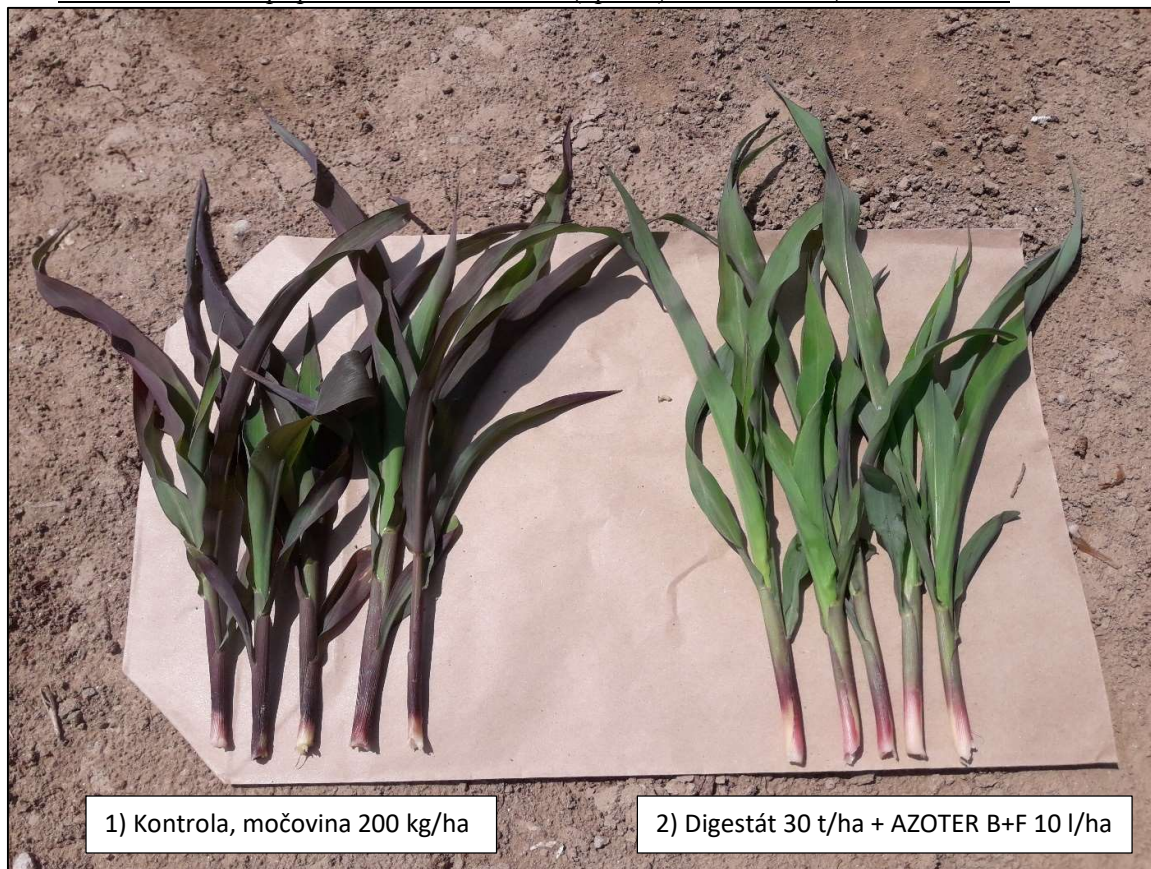
Přímé dodání do půdy původních hospodářsky významných bakterií (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* a *Pseudomonas putida*) a parazitické houby (*Trichoderma atroviride*) přípravkem AZOTER B+F pro podporu rozkladu labilních i různě stabilizovaných organických látek a cílené zvýšení hnojivé účinnosti tekutého organického hnojiva digestátu, prokázalo možnosti **redukce aplikačních dávek dusíku pro náročnou plodinu kukuřici o 12 – 65 % oproti standardnímu základnímu hnojení dusíkem v minerálních hnojivech** (močovně). V užívané technologii jarního hnojení kukuřice digestátem lze po předchozím nebo souběžném ošetření půdy koncentrovaným bakteriálním přípravkem AZOTER B+F kalkulovat s úsporou hnojiva 33 – 60 % při zachování nebo zlepšení výnosů píce. Úsporou dávky digestátu je možné kromě jiného snížit časovou náročnost na přepravu a aplikaci, což prakticky umožňuje včasné zasetí kukuřice v jarních špičkách pracovních operací.

Výsledky testovaného bakteriálního přípravku AZOTER B+F byly získány v roce 2021 ze založeného provozního pokusu v realizačním zemědělské podniku, pro objednatele firmu AZOTER CZ s.r.o. Výsledky pokusu byly poskytnuty zástupci realizačního podniku.

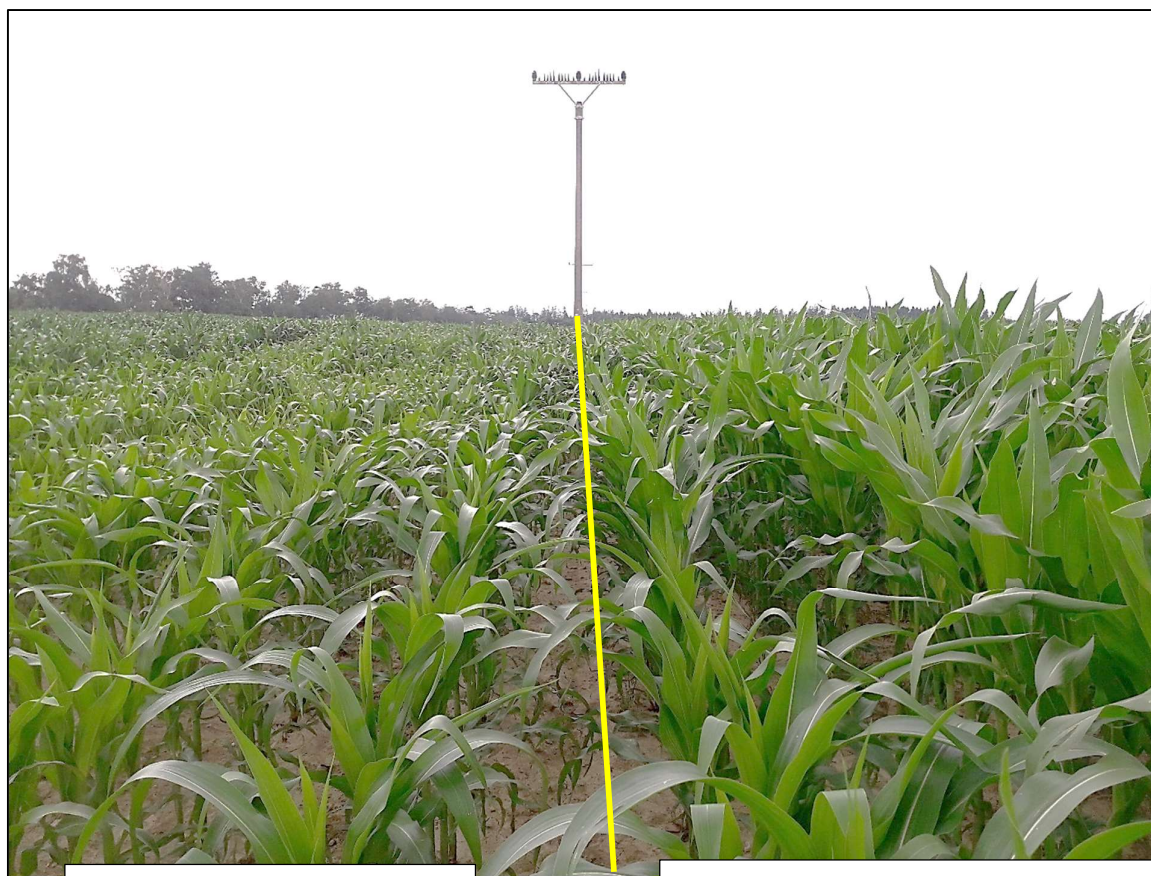
V Žamberku dne 10. 11. 2021

Fotopříloha

- A) Projev velmi hlubokého deficitu fosforu v rostlinách (47 % optimálního obsahu) po aplikaci standardního hnojiva močoviny (vlevo) a hlubokého deficitu fosforu v rostlinách (53 % optimálního obsahu) po aplikaci digestátu z bioplynové stanice v půdě s podpořeným mikrobiálním uvolňováním živin bakteriálním přípravkem AZOTER B+F (vpravo) – 16. 6. 2021, BBCH 14-15



B) Projev různé intenzity růstu porostů: po aplikaci standardního hnojiva močoviny (vlevo) a po aplikaci digestátu z bioplynové stanice s podpořeným mikrobiálním uvolňování živin v půdě bakteriálním přípravkem AZOTER B+F (vpravo) – 21. 7. 2021, BBCH 34-36



1) Kontrola, močovina 200 kg/ha

2) Digestát 30 t/ha + AZOTER B+F 10 l/ha



4) Digestát 12 t/ha + AZOTER B+F 10 l/ha

C) Projev různé zralosti porostů (obsahu sušiny): Po aplikaci standardního hnojiva močoviny (vlevo) a po aplikaci digestátu z bioplynové stanice (30 t/ha) s podpořeným mikrobiálním uvolňováním živin v půdě bakteriálním přípravkem AZOTER B+F, (vpravo) – 30. 9. 2021, BBCH 75-83

